

TESIS DOCTORAL

**Estudio e integración de tecnologías para
la asistencia de personas con diversidad
funcional intelectual en actividades de la
vida diaria**

Por:

Javier Gómez Escribano

Director: Germán Montoro Manrique

PROGRAMA DE DOCTORADO

Departamento de Ingeniería Informática

Escuela Politécnica Superior

Universidad Autónoma de Madrid

Mayo 2015

Departamento	Ingeniería Informática Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid
Título	Estudio e integración de tecnologías para la asistencia de personas con diversidad funcional intelectual en actividades de la vida diaria
Autor	Javier Gómez Escribano Ingeniero de Telecomunicación (Universidad Autónoma de Madrid)
Director	Germán Montoro Manrique Doctor en Ingeniería Informática (Universidad Autónoma de Madrid)
Año	2015
Tribunal	Presidente: Secretario: Vocal 1: Vocal 2: Vocal 3:

One of the most gratifying results of intellectual evolution is the continuous opening up of new and greater prospects.

Nikola Tesla
(1856 – 1943)

Resumen

Estudio e integración de tecnologías para la asistencia de personas con diversidad funcional intelectual en actividades de la vida diaria

por Javier Gómez Escribano

Hoy en día nos encontramos nuevas tecnologías en casi todas las actividades que realizamos, tanto en el mundo laboral (como son los ordenadores), como en el tiempo de ocio (salas de proyección digitales en tres dimensiones, videoconsolas, lectores de libros electrónicos, etc.). Además, y casi sin darnos cuenta, nos hemos acostumbrado a llevar una cierta capacidad de cómputo y comunicación encima: el teléfono móvil inteligente o *smartphone*. En los últimos años, la cantidad de tareas que pueden realizar estos terminales ha aumentado considerablemente gracias a las mejoras producidas en su *hardware* y en su *software*. Este tipo de terminales se han convertido en algo más que dispositivos con los que poder realizar llamadas. Ahora nos permiten acceder a Internet por banda ancha, revisar el correo electrónico y las redes sociales, disfrutar de contenido multimedia y realizar otras tareas que antes sólo se podían hacer en un ordenador. Además, todas estas acciones se pueden llevar a cabo de forma ubicua, sin importar dónde nos encontremos, gracias a la movilidad que ofrecen estos dispositivos.

Dentro de estas nuevas actividades, además de las orientadas a la productividad o el ocio digital, en los últimos años ha surgido interés en la aplicación de este tipo de tecnologías para la ayuda de personas con algún tipo de necesidad especial. Este tipo de desarrollos, tanto centrados en *smartphones* como en otro tipo de dispositivos, se suelen etiquetar como “*Assistive Technologies*” (Tecnologías para la asistencia). Actualmente, resultan un tema de alto interés científico, no sólo por los resultados teóricos o desarrollos técnicos a los que se pueda llegar, sino por su alto impacto en la sociedad. Así, gracias a la investigación en estas áreas, algunas personas con diversidad funcional pueden llevar una vida más autónoma e independiente e, incluso, acceder a oportunidades a las que antes no podían como, por ejemplo, un empleo.

Esta tesis se centra en la investigación de este tipo de tecnologías, enfocándose en el uso de *smartphones* como herramientas para la asistencia en tareas de la vida diaria de personas con diversidad funcional intelectual. En concreto, se propone el sistema *AssisT* –pronunciado como “asiste”–. Esta propuesta surge ante la falta de sistemas de asistencia integral, es decir, que ofrezcan el soporte que necesita el usuario en las diferentes tareas que ha de realizar a lo largo del día. Además, el sistema se ha diseñado para adaptarse a las necesidades de la persona, la actividad que vaya a realizar y el contexto del usuario. Para ello, *AssisT* cuenta con tres módulos: “*AssisT-Task*”, “*AssisT-Out*” y “*AssisT-In*”, que ofrecen asistencia en la realización de tareas

instrumentales, desplazamientos en entornos exteriores y desplazamientos en entornos interiores, respectivamente.

Para el diseño, desarrollo y evaluación de cada uno de los módulos se ha seguido un proceso centrado en el usuario, en el que se ha contado con la participación activa de expertos en el cuidado y educación de personas con diversidad funcional intelectual. Durante las evaluaciones de los diferentes módulos, se han realizado un total 206 sesiones de prueba en las que han participado 45 usuarios con diversidad funcional intelectual de diferente índole y severidad.

Los resultados de las evaluaciones han sido muy satisfactorios, validando las diferentes soluciones tomadas, planteando al sistema AssisT como una opción viable y funcional de sistema para la asistencia integral y ofreciendo propuestas de diseño y mejora para nuevas aplicaciones de este tipo.

Abstract

User study and integration of assistive technologies for people with cognitive disabilities in their daily life activities

by Javier Gómez Escribano

New technologies are present in almost all activities of our lives, either in the work place (e.g. computers) or our leisure time (3D digital movie theatres, ebooks or videogames). Besides, we are unconsciously carrying a significant amount of computing and communication capabilities with us: our smartphones. In the last years, thanks to the improvements in their hardware and software, the number and variability of tasks that can be performed with these devices is growing up to a level beyond phone calls and short-text messaging. Current devices allow us to access the Internet through wide-band connections, checking the email or social networks, playing multimedia content and many other tasks that used to be restricted to computers. Moreover, all of these actions can be carried out ubiquitously, regardless our location, thanks to the mobility they offer.

Apart from productivity or digital leisure activities, in the last years the interest on the application of these technologies to help people with special needs has increased. These developments, either focused on smartphones or any other device, are commonly tagged as “*Assistive Technologies*”. The interest of the scientific community relies on the theoretical results and technical developments, but also on the high impact that these works may cause on the society. Thus, thanks in part to the research done in this area, people with disabilities are able to live more independent and autonomously. And even, access to new opportunities, such as getting a job.

This thesis is focused on the application of smartphones as assistive devices to help people with cognitive disabilities in their daily life activities. Particularly, it presents the “*AssisT*” project. This approach arises to address the need of integrated assistive systems, this is, systems of support that cover all the users’ activities during the day. Besides, it has been designed to adapt to users’ needs, the activity and their context. To do that, the system is composed of three modules: “*AssisT-Task*”, “*AssisT-Out*” and “*AssisT-In*”, which provide assistance on instrumental activities, navigation outdoors and navigation indoors, respectively. The evaluation and development processes have followed a user centred design. To do that, experts from education and care of people with cognitive disabilities have participated actively. During the evaluation of the different modules a total of 206 sessions have taken place, in which 45 users with cognitive disabilities have participated. The results extracted from the evaluation processes have been very positive. Therefore, the different solutions and approaches have been valid-

ated. Thus, “AssisT” can be considered as a feasible and functional integrated assistive system, setting the design bases and improvements for future developments.

Agradecimientos

Esta tesis tiene muchos “culpables” sin los cuales no hubiera sido posible sacar este trabajo adelante. Uno de los principales es Germán, mi director. Gracias una y mil veces más por haber confiado en mi y haberme apoyado durante todo este proceso. Gracias por tu tiempo, paciencia y dedicación.

Sin lugar a dudas, otros grandes partícipes de este trabajo han sido los profesionales de los centros con los que se ha colaborado. Especialmente me gustaría agradecer a Sheila, Maria y Sarah de la Fundación Síndrome de Down de Madrid; Lupe, Loles, Geñi y Rocío del Instituto de Psico-Pediatría Dr. Quintero Lumbreras; y Susana y Carlos, del Centro de Referencia Estatal de Atención al Daño Cerebral; por sus valiosas aportaciones durante todo el proceso, su disponibilidad e ilusión. Gracias por haber hecho de mi investigación algo tangible y, sobre todo, que lo valoréis. En este mismo sentido, no me puedo olvidar de todas las personas que han participado en las pruebas, así como el buen acogimiento del proyecto por parte de sus familiares.

No me puedo olvidar de tres referentes de los que he aprendido todo desde mi comienzo en esto de la investigación... Gracias Xavier, Pablo y Manu.

Para llegar al día de hoy ha hecho falta mucho trabajo, y no sólo mío. En este sentido, Adal y Juan Carlos, sabéis que este proyecto no hubiese sido ni la mitad de lo que es si no llega a ser por vosotros. Gracias por aguantar infinitas sesiones de pruebas, análisis de vídeos y caminatas al sol acompañando durante las pruebas. Pero también por hacer resurgir el Laboratorio y creer, una vez más, que estamos trabajando en algo importante. Muchas gracias chicos.

Durante esta etapa he tenido la oportunidad de rodearme de los mejores compañeros que uno se puede encontrar. Fer, Gema, Nacho, Pablo B., Pablo Ll. y todos los que, en algún momento habéis colaborado con el laboratorio, gracias.

Let me thank my Finnish colleagues in our common language. I would like to thank Prof. Timo Ojala for offering me the opportunity to co-work with him and the MediaTeam at the University of Oulu. Thanks for opening your doors and taking me in. Kiitos Paljon. And, of course, the rest of the crew of the MediaTeam for their warm

and support. Gracias también a ti, Miguel, por hacer mi estancia allí un poco más fácil. Coincidencias de la vida encontrarte a alguien de tu mismo colegio en la otra punta de Europa...

But Finland means other four names to me. Those who made my time there extraordinary. Thanks, Henar, Inma, Robin and Sarah.

Muchos son los años desde que nos conocemos y muchos más los que nos quedan para seguir creciendo y compartiendo momentos. A mis amigos de siempre, Ángela, Hugo, Irene, Isma, Laura, Lidia, Lucía, Miguel, Nacho y Pedro. A los que no son de siempre, pero van camino de ello, los que están ahí aunque vivan lejos, Alejandro, Bárbara, David y Nacho. A todos vosotros, gracias.

A mi familia. Su apoyo continuo, cariño y consejo han sido (y son) fundamentales para mí. Mayte, Antonio, Raúl y Rodrigo, gracias.

A mi inspiración, mi cómplice, la que me hace sacar lo mejor de mí, la que me hace soñar, la que me hace poner los pies en el suelo... Por eso, por todo y por más, le debo el mayor de los agradecimientos. GRACIAS Belén.

*Javier Gómez Escribano
Mayo 2015*

Índice general

Resumen	VII
Abstract	IX
Índice	XVI
Glosario de términos	XXIII
1. Introducción	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Contribuciones de la tesis	4
1.3. Sistema de asistencia integral AssisT	5
1.4. Estructura de la tesis	6
2. La diversidad funcional	7
2.1. Diversidad funcional física y motora	8
2.2. Diversidad funcional sensorial	8
2.2.1. Diversidad funcional auditiva	9
2.2.2. Diversidad funcional visual	9
2.3. Diversidad funcional intelectual	10
2.3.1. Alzheimer	14
2.3.2. Daño Cerebral Adquirido	15
2.3.3. Síndrome de Down	16
2.3.4. Trastorno de Déficit de Atención e Hiperactividad	17
2.3.5. Trastorno del Espectro del Autismo	17
2.4. Diversidad funcional y la vida diaria	18
2.4.1. Vida doméstica	18
2.4.2. Educación	19
2.4.3. Empleo	19
3. Estado del Arte	23
3.1. Introducción	23
3.2. Sistemas de asistencia en tareas de la vida diaria	29
3.2.1. Vida doméstica	29
3.2.2. Educación	32
3.2.3. Empleo	34

3.3.	Sistemas de guiado en desplazamientos	36
3.3.1.	Navegación en entornos exteriores	38
3.3.2.	Navegación en entornos interiores	42
3.3.3.	Navegación en todo tipo de entornos	47
3.4.	Conclusiones	49
4.	Sistema de asistencia integral	55
4.1.	Introducción	55
4.2.	Necesidades a cubrir por las ATs	57
4.3.	Análisis de requisitos	60
4.4.	Propuesta de sistema de asistencia integral: AssisT	64
5.	AssisT-Task	77
5.1.	Descripción general	77
5.1.1.	Definición de los manuales	77
5.1.2.	Identificación de la tarea	78
5.1.3.	Guiado	78
5.1.4.	Registro	82
5.2.	Arquitectura	83
5.3.	Modelo de datos	86
5.4.	Aplicación móvil	91
5.4.1.	Primer prototipo	93
5.4.2.	Segundo prototipo	95
5.4.3.	Versión final	98
5.5.	Herramienta de autor	104
5.6.	Evaluación	107
5.6.1.	Metodología	108
5.6.2.	Usuarios	115
5.6.3.	Resultados	116
5.7.	Conclusiones	124
6.	AssisT-Out	127
6.1.	Descripción general	127
6.1.1.	Definición de los destinos	127
6.1.2.	Localización del usuario	128
6.1.3.	Generación de las rutas	128
6.1.4.	Guiado	129
6.1.5.	Registro	134
6.2.	Arquitectura	134
6.3.	Modelo de datos	138
6.4.	Aplicación móvil	138
6.4.1.	Primer prototipo	139
6.4.2.	Versión final	144
6.5.	Herramienta de autor	147
6.6.	Evaluación	148

6.6.1.	Metodología	150
6.6.2.	Usuarios	157
6.6.3.	Resultados	158
6.7.	Conclusiones	164
7.	AssisT-In	167
7.1.	Descripción general	167
7.1.1.	Definición de los mapas	167
7.1.2.	Localización del usuario	171
7.1.3.	Guiado	171
7.1.4.	Registro	174
7.2.	Arquitectura	174
7.3.	Modelo de datos	177
7.4.	Aplicación móvil	179
7.4.1.	Primer prototipo	180
7.4.2.	Prototipo en desarrollo	182
7.5.	Evaluación	183
7.5.1.	Metodología	185
7.5.2.	Usuarios	188
7.5.3.	Resultados	189
7.6.	Conclusiones	194
8.	Recomendaciones de diseño	197
8.1.	Consideraciones generales	197
8.2.	Estructura de la interfaz	199
8.3.	Contenido	201
9.	Conclusiones	203
9.1.	Conclusiones	203
9.2.	Trabajo Futuro	206
9.	Conclusions	209
9.1.	Conclusions	209
9.2.	Future Work	212
	Bibliografía	215
A.	Material adicional	227
A.1.	Perfiles de los usuarios	227
A.1.1.	AssisT – Task: valoración de capacidades de los participantes . .	227
A.1.2.	AssisT – Task: hábitos de uso de las tecnologías	229
A.1.3.	AssisT – Out: perfil de los usuarios de la prueba de concepto . .	232
A.1.4.	AssisT – Out: valoración de capacidades de los participantes . .	232
A.1.5.	AssisT – In: valoración de los participantes	234
A.1.6.	AssisT – In: hábitos de uso de las tecnologías	235

A.2.	Cuestionarios	238
A.2.1.	Uso de tecnología	238
A.2.2.	<i>Santa Barbara Sense Of Direction Scale</i>	243
A.2.3.	<i>USE Questionnaire</i>	246
A.2.4.	AssisT – Out: Cuestionario post-sesión	252
A.2.5.	Google Maps: Cuestionario post-sesión	256
A.2.6.	AssisT –In : Cuestionario post-sesión	260
A.3.	Soportes en papel	264
A.3.1.	Manual para hacer fotocopias	264
A.3.2.	Manual para archivar	267
A.4.	Objetos JSON de las rutas	269
A.4.1.	Ruta 1	269
A.4.2.	Ruta 2	271
B.	Relación de publicaciones	275

Índice de figuras

2.1. Diagrama del mapa conceptual del funcionamiento humano.	11
2.2. Diagrama de la perspectiva ecológica del contexto	12
2.3. Diagrama de etapas y centros de la formación para el empleo	20
4.1. Diagrama del modelo HAAT.	56
4.2. Diagrama entidad-relación del modelado de usuarios y tutores	68
4.3. Relación coste – precisión para sistemas de localización en interiores . .	70
4.4. Diseño de la interfaz de un paso genérico de una secuencia	72
5.1. Ejemplo de manual representado en formato de árbol.	78
5.2. Ejemplo de manual adaptado representado en formato de árbol.	80
5.3. Ejemplo de manual con tareas repetitivas representado en formato de árbol.	81
5.4. Ejemplo de manual con ramificaciones representado en formato de árbol.	81
5.5. Arquitectura de inicial de aQRdate.	84
5.6. AssisT-Task: arquitectura actual.	85
5.7. AssisT-Task: diagrama de secuencia de comunicación entre la aplicación móvil y el servidor.	86
5.8. AssisT-Task: diagrama entidad-relación del modelo de datos.	87
5.9. AssisT-Task: modelado de un manual de ejemplo.	88
5.10. AssisT-Task: pseudocódigo para inicializar el manual y ordenar los hijos de un nodo.	89
5.11. AssisT-Task: pseudocódigo para mostrar el contenido de un nodo (paso o tarea).	90
5.12. AssisT-Task: pseudocódigo para mostrar la pantalla de un paso.	91
5.13. AssisT-Task: pseudocódigo para calcular el nodo siguiente/anterior a un nodo dado.	92
5.14. Ciclo de diseño centrado en el usuario	92
5.15. AssisT-Task: secuencia de pantallas del primer prototipo	95
5.16. AssisT-Task: Pantalla de selección de usuario.	96
5.17. AssisT-Task: captura de pantalla de un paso.	98
5.18. AssisT-Task: diagrama de módulos de la aplicación móvil.	99
5.19. AssisT-Task: capturas de pantalla de los pasos con repeticiones.	100
5.20. AssisT-Task: captura de pantalla de un paso de selección.	102
5.21. AssisT-Task: capturas de las pantallas de auto-evaluación y evaluación.	103
5.22. AssisT-Task: Herramienta de autor. Vista de tarea.	106

5.23. AssisT-Task: herramienta de autor. Vista de edición.	106
5.24. Diagramas de instrucciones de las tareas.	112
5.25. Localización de la fotocopidora (a) y el archivo (b).	113
5.26. AssisT-Task: evolución del factor “tiempo” a lo largo de las sesiones de evaluación para ambas tareas.	118
5.27. AssisT-Task: evolución del factor “errores” a lo largo de las sesiones de evaluación para ambas tareas.	120
5.28. AssisT-Task: evolución del factor “intervenciones” a lo largo de las se- siones de evaluación para ambas tareas.	121
5.29. AssisT-Task: evolución del factor “confusiones” a lo largo de las sesiones de evaluación para ambas tareas.	122
5.30. AssisT-Task: evolución del factor “ayuda” a lo largo de las sesiones de evaluación para ambas tareas.	123
6.1. AssisT-Out: ejemplo de ruta e instrucciones.	131
6.2. AssisT-Out: ejemplo de vistas mostradas en una ruta.	132
6.3. AssisT-Out: arquitectura.	135
6.4. AssisT-Out: diagrama de secuencia.	137
6.5. AssisT-Out: diagrama entidad-relación del modelo de datos.	139
6.6. AssisT-Out: maqueta de la interfaz.	140
6.7. AssisT-Out: capturas de pantalla del primer prototipo.	142
6.8. AssisT-Out: diagrama de la ruta de la prueba inicial.	143
6.9. AssisT-Out: diagrama de módulos de la aplicación móvil.	145
6.10. AssisT-Out: capturas de pantalla	146
6.11. AssisT-Out: Captura de pantalla de la herramienta de autor. Vista inicial.	148
6.12. AssisT-Out: Captura de pantalla de la herramienta de autor. Vista ges- tión de usuario.	149
6.13. AssisT-Out: capturas de pantalla de la herramienta de autor. Vista de logs.	149
6.14. Capturas de pantalla de Google Maps.	151
6.15. AssisT-Out: fotografía de un usuario durante una de las rutas.	152
6.16. AssisT-Out: captura de pantalla de la selección de destinos en la eva- luación.	153
6.17. AssisT-Out: diagrama de las rutas.	154
6.18. AssisT-Out: tiempo empleado por cada usuario para recorrer cada ruta.	159
6.19. AssisT-Out: herramienta preferida de los usuarios.	162
7.1. AssisT-In: ejemplo de plano de una oficina.	169
7.2. AssisT-In: ejemplo de plano de una oficina con códigos.	170
7.3. AssisT-In: diagrama de arquitectura inicial.	175
7.4. AssisT-In: arquitectura en desarrollo actualmente.	176
7.5. AssisT-In: diagrama entidad-relación del modelo de datos.	177
7.6. AssisT-In: pseudo-código del algoritmo de cálculo de rutas.	178
7.7. AssisT-In: ejemplo de plano de una oficina con códigos y adaptación al usuario.	180

7.8. AssisT-In: capturas de pantalla del inicio de la aplicación	181
7.9. AssisT-In: capturas de pantalla durante el guiado	182
7.10. AssisT-In: maquetas de las pantallas durante el guiado en la nueva versión	184
7.11. AssisT-In: plano de la ruta de entrenamiento.	186
7.12. AssisT-In: plano de la ruta de test.	187
7.13. AssisT-In: capturas de pantalla de la ruta	188
7.14. AssisT-In: tiempo empleado por cada usuario.	191
7.15. AssisT-In: tiempo medio por pista	192

Índice de tablas

2.1. Clasificación por niveles de la diversidad funcional intelectual según la OMS	13
4.1. Resumen de necesidades de acuerdo al modelo HAAT	61
4.2. Resumen de los requisitos de una AT	64
4.3. Elementos de interfaz comunes a los tres módulos.	73
5.1. Resumen comparativo de las características de los prototipos de AssisT-Task.	105
5.2. AssisT-Task: distribución de tareas y soportes según el diseño <i>latin square</i>	109
5.3. Esquema de distribución de grupos, apoyos y tareas llevado a cabo durante la evaluación de AssisT-Task.	110
5.4. AssisT-Task: estadísticos de los distintos factores para las dos tareas y ambos soportes.	117
6.1. AssisT-Out: tiempos empleados durante la prueba de campo inicial. . .	144
6.2. Resumen comparativo de las características de los prototipos de AssisT-Out	147
6.3. AssisT-Out: distribución de tareas y soportes según el diseño <i>latin square</i>	151
6.4. Cálculo de la complejidad de las intersecciones.	155
6.5. AssisT-Out: puntuación de las rutas.	156
6.6. Estadísticos de los distintos factores para las dos rutas y ambos soportes.	158
6.7. Diferencias entre los usuarios que llegaron al destino y los que no dependiendo de la tecnología empleada.	160
6.8. Porcentaje de acierto en el reconocimiento de fotografías y giros.	161
6.9. Resumen de las respuestas a los cuestionarios.	163
7.1. AssisT-In: estado de los nodos del grafo y la cola tras cada iteración del algoritmo.	179
7.2. AssisT-In: estado de los nodos del grafo y la cola tras cada iteración del algoritmo.	180
7.3. AssisT-In: estadísticos de los distintos factores medidos durante la ruta.	190
7.4. AssisT-In: respuestas al cuestionario SUS	194

A.1. Valoración de las capacidades de los participantes en la evaluación de AssisT – Task	228
A.2. Hábitos de uso de los usuarios con las tecnologías móviles e Internet. . .	230
A.2. continuación	231
A.3. Perfiles de los usuarios participantes en la prueba de concepto de AssisT – Out.	232
A.4. Valoración de las capacidades de los participantes en la evaluación de AssisT – Out	233
A.5. Valoración de los participantes en la evaluación de AssisT – In	234
A.6. Hábitos de uso de los usuarios con las tecnologías móviles e Internet. . .	236
A.6. continuación	237

Glosario de términos

Abreviaturas

AAIDD American Association on Intellectual and Developmental Disabilities

AmILab Ambient Intelligence Laboratory

APA American Psychiatric Association

API Application Programming Interface

AR Augmented Reality

AssisT-In Módulo de asistencia en desplazamientos en interiores

AssisT-Out Módulo de asistencia en desplazamientos en exteriores

AssisT-Task Módulo de asistencia en tareas instrumentales

AT Assistive Technology

ATC Assitive Technologies for Cognition

BOE Boletín Oficial del Estado

CEADAC Centro de Referencia Estatal de Atención al Daño Cerebral

CEE Centro Especial de Empleo

DCA Daño Cerebral Adquirido

DSM–5 Diagnostical and Statistical Manual Of Mental Disorders

EPS Escuela Politécnica Superior

FSDM Fundación Síndrome de Down de Madrid

FTP File Transfer Protocol

GPS Global Positioning System

HAAT Human Activity Assistive Technology

ICD International Classification of Diseases

ICE Internet Communications Engine

ICF International Classification of Functioning

IPP Instituto de Psico–Pediatría Dr. Quintero Lumbreras

ISO International Standarization Organization

OMS Organización Mundial de la Salud

PDA Personal Digital Assistant

PDD–NOS Trastorno generalizado del desarrollo no especificado

PDI Punto de interés

RFID Radio Frequency Identifier Description

RTI/NCS National Classification System for Assistive Technology Devices and Services

SBSODS Santa Barbara Sense Of Direction Scale

SUS System Usability Scale

TDAH Trastorno de Déficit de Atención e Hiperactividad

TEA Trastorno del Espectro Autista

TTS Text–To–Speech

VR Virtual Reality

W3C World Wide Web Consortium

WCAG Web–Content Accessibilty Guidelines

WLAN Wireless Local Area Network

A BELÉN



1 Introducción

Este capítulo presenta una visión general del trabajo que se desarrolla a lo largo de la tesis. En concreto, dado que el tema principal es la asistencia a personas con diversidad funcional intelectual mediante el uso de tecnologías móviles, aquí se esbozan las ideas fundamentales y el estado actual de la diversidad funcional y de las tecnologías para la asistencia, si bien se revisarán en detalle en capítulos posteriores. Finalmente, se enumeran las principales contribuciones de la tesis y se detalla la estructura de la misma.

1.1. Antecedentes

TECNOLOGÍA la aplicación del conocimiento científico a los fines prácticos de la vida humana o al cambio y manipulación del entorno humano.

Enciclopedia Britannica

En la Era de la Información y la Comunicación, y bajo el ámbito de la Computación Ubicua, nuestra sociedad está experimentando cambios en la forma en la que nos relacionamos y entendemos la tecnología, cómo la apreciamos y cómo la aplicamos. Apreciación en el sentido de, como Mark Weiser expuso en [1], crear un mundo lleno de tecnología que, sin embargo, se está volviendo (la tecnología) transparente para nosotros. Está desapareciendo. Con respecto a su aplicación, y particularmente en el área de la computación, se están usando en nuevas áreas en las que nunca se habían empleado antes como, por ejemplo, visión artificial con fines médicos. En este sentido, uno de estos nuevos ámbitos de aplicación es la asistencia de personas con

diversidad funcional o necesidades especiales. En concreto, esta área de investigación se conoce como “Tecnologías para la Asistencia” (*Assistive Technologies*, AT) y se definió en el *Assistive Technology Act* de 1998 (ATA/1998) como “*cualquier producto, dispositivo o equipamiento adquirido comercialmente, modificado o personalizado, que se use para mantener, incrementar o mejorar las capacidades funcionales de personas con discapacidad*” [2].

A pesar de comenzar a regularse en 1.998, el uso del conocimiento y la técnica con fines asistenciales no es, como se podría esperar, moderno. Una de las primeras referencias se encuentra en el poema “Rig-Veda” [3], que narra la historia del guerrero Queen Vishpla a quien, tras perder una de sus piernas en una batalla, se le colocó una prótesis a medida, de forma que pudo volver a luchar. Otra referencia histórica es Marcus Sergius, un general romano que perdió uno de sus brazos en la II Guerra Púnica. De nuevo, para que pudiese volver a la batalla, se le construyó una prótesis (en este caso un brazo metálico), que le permitía llevar su escudo [4].

Conforme avanzamos en la Historia, se encuentran más ejemplos de como las tecnologías y el conocimiento científico se han aplicado para la ayuda de personas con diversidad funcional. No sólo hablamos de diversidad funcional física o motora, sino que también encontramos referencias a diversidad funcional sensorial e intelectual. Sin embargo, hay que esperar hasta el siglo XIII, donde se habla por primera vez de lentes correctoras [5]. Tiempo más tarde, encontramos figuras como Gerlamo Cardano (1.501 – 1.576) o Pedro Ponce de León (1.520 – 1.584) quienes se interesaron en las personas sordas, enseñándoles a leer, escribir y hablar. Incluso introdujeron un cambio en el concepto social de estas personas, ya que defendieron su capacidad de razonamiento (previamente se les consideraba incapaces). En este mismo sentido, Giovanni Bonifacio (1.547 – 1.635) publicó en 1.616 el tratado “*L’arte de’cenni*” [6], considerado como uno de los primeros textos sobre la asistencia de personas con diversidad funcional auditiva. Algunos años más tarde, en 1.620, el pedagogo español Juan Pablo de Bonet (1.573 – 1.633) publicó “*Reduction de las letras y Arte para enseñar á ablar los Mudos*” [7], que fue el primer libro dedicado exclusivamente a enseñar lengua de signos a personas sordas y mudas. En el siglo XIX encontramos otra referencia importante relacionada con la diversidad funcional visual: Louis Braille (1.809 – 1.856) y su sistema táctil de lectura/escritura para personas ciegas (1.829) [8].

El gran avance que se dio en Ciencia y Tecnología durante el siglo XX, y particularmente el nacimiento de las Ciencias de la Computación, también tuvo impacto sobre la asistencia de personas con diversidad funcional. Las tecnologías relacionadas con la computación proveen nuevas oportunidades para la asistencia, como sillas de ruedas eléctricas o asistentes digitales (lectores o sistemas de alerta automáticos). Y no sólo encontramos desarrollos específicos, sino que también se ha trabajado (y se trabaja) en la adaptación de sistemas (computacionales) a las necesidades individuales de cada persona. Así, comunidades como el *World Wide Web Consortium* (W3C)¹, mediante

¹<http://www.w3c.es/> (último acceso: enero 2015)

las *Web-Content Accessibility Guidelines* (WCAG)², trabajan en guías para favorecer el acceso universal al contenido de la web. Incluso algunas de estas recomendaciones han recibido el apoyo de las instituciones, como son las diferentes normas tanto a nivel nacional (UNE 139803:2004 y UNE 139803:2012) como europeo (CWA 15554:2006).

Con respecto a la diversidad funcional intelectual, autores como Harbour y Maulik en [9] y Harris en [10] realizaron estudios sobre este tema a lo largo de la Historia. En sus trabajos, encontraron referencias del Antiguo Egipto, Grecia y Roma. Durante estos periodos, las personas con diversidad funcional intelectual eran consideradas ofensas a los dioses y, generalmente, matadas. Siglos más tarde, durante la Edad Media, gracias a los avances en Ciencias, Medicina, Educación y Ciencias Sociales, la conciencia popular comenzó a cambiar. Esto propició que se hicieran diferentes estudios sobre las necesidades y dificultades de las personas con diversidad funcional y se iniciase la labor por su educación e integración social. Sin embargo, no fue hasta el Siglo XX cuando se descubrieron las razones fisiológicas que causan las diferentes discapacidades.

En lo relacionado a las Ciencias de la Computación, a finales de los años 80, Kirsch *et al.* acuñaron el término “prótesis cognitivas”, definidas como “*estrategias compensatorias que alteran el entorno del paciente para hacer actividades funcionales específicas*” [11]. Más tarde, Cole expandió esta definición, añadiendo una serie de atributos [12]:

- Utiliza recursos computacionales.
- Se ha diseñado específicamente con fines de rehabilitación.
- Asiste directamente al paciente en sus actividades de la vida diaria.
- Altamente adaptada a las necesidades del usuario.

Por otro lado, Bergman definió el término “Órtosis Cognitiva” [13] como “*dispositivos que apoyan funciones cerebrales débiles o ineficientes*”. Finalmente, LoPresti *et al.* [14] juntaron ambas definiciones (prótesis y órtosis cognitiva) bajo el término “*Assistive Technologies for Cognition*” (tecnologías para la asistencia cognitiva, ATC). Así, hacia finales del siglo XX quedaban establecidas las bases para el uso de tecnología para la asistencia de personas con diversidad funcional intelectual.

Paralelamente, y dada la importancia que está tomando la asistencia de personas dependientes en la sociedad actual, han surgido leyes y políticas para regular los derechos de estas personas y fomentar su participación social, como la “Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad y Protocolo Facultativo” [15] de las Naciones Unidas o la “Ley de Integración Social de Personas Discapacitadas” [16] en la que se regulan las discapacidades, diagnósticos, prestaciones sociales y rehabilitación,

²<http://www.w3.org/TR/WCAG20/> (último acceso: enero 2015)

así como la integración laboral. Este último punto es muy importante ya que establece un marco favorable para la empleabilidad de personas con diversidad funcional: las empresas de más de 50 empleados deben contar en plantilla con un 2% de personas con algún tipo de diversidad funcional. Así, surgen nuevos retos para la investigación, ya que muchos de los estudios y trabajos desarrollados se centran en la asistencia en el hogar, si bien, dada la empleabilidad (creciente) de estas personas, aparecen nuevos contextos de uso.

1.2. Contribuciones de la tesis

Como se ha dicho anteriormente, en esta tesis se ha realizado un estudio sobre la aplicación de tecnologías móviles para la asistencia de personas con diversidad funcional intelectual. Para ello, se ha realizado una profunda revisión del estado del arte e investigaciones relacionadas, así como elaborado y discutido diferentes diseños, prototipos y aproximaciones que, posteriormente, han sido evaluados con usuarios reales. Finalmente, de los resultados obtenidos y estudios adicionales, se proponen unas recomendaciones para el diseño de futuras aplicaciones. Así, las contribuciones principales de la tesis se resumen como:

1. Estudio de la diversidad funcional: se presenta una clasificación y descripción de los diferentes tipos de diversidad funcional, limitaciones y cómo éstas afectan a la vida diaria de las personas. Si bien la tesis se centra en la diversidad funcional intelectual, se presentan otros tipos de diversidad funcional ya que, en muchas ocasiones, las personas con diversidad funcional intelectual tienen algún otro tipo de necesidad especial.
2. Revisión de los trabajos de investigación y desarrollos comerciales relacionados. A pesar de ser una área más o menos reciente y poco estandarizada, existen diversos trabajos previos relacionados con la asistencia. En este sentido, se amplía el área a personas con necesidades especiales ya que, como se verá más adelante, algunas de las conclusiones extraídas de trabajos con personas mayores pueden ser extrapoladas a personas con diversidad funcional intelectual.
3. De los estudios previos se han extraído una serie de necesidades que podrían ser cubiertas gracias a las tecnologías móviles y, para ello, se ha desarrollado un sistema integral de asistencia ubicua. Como se explicará en detalle, el sistema cuenta con diferentes módulos para proveer ayuda en los diferentes escenarios identificados y cubrir así las necesidades específicas del usuario en cada momento.
4. El sistema desarrollado se ha probado con usuarios con diversidad funcional intelectual de diferente índole y nivel. En las diferentes evaluaciones han participado en total 45 usuarios, realizando 206 sesiones de prueba.

5. A partir de las experiencias, se han podido extraer una serie de indicaciones a considerar para adecuar futuras aplicaciones de dispositivos móviles a personas con diversidad funcional intelectual.

1.3. Sistema de asistencia integral AssisT

Una de las principales contribuciones de esta tesis es el sistema móvil de asistencia integral AssisT. Para ello, gracias al uso de *smartphones*, AssisT es capaz de dar soporte en las diferentes actividades de la vida diaria de las personas con diversidad funcional intelectual. En concreto, se compone de tres módulos: AssisT-Task, AssisT-Out y AssisT-In, que proveen asistencia en la realización de tareas instrumentales, navegación en entornos exteriores y navegación en entornos interiores, respectivamente.

El sistema se ha diseñado siguiendo un proceso centrado en el usuario. De este modo, tanto el mecanismo de asistencia como las interfaces se adaptan a las necesidades del usuario, la tarea y su contexto. Por un lado, el mecanismo de asistencia de los tres módulos se basa en la división de la actividad en una secuencia de instrucciones simples que se deben seguir hasta cumplir el objetivo (bien sea terminar una tarea o llegar a un destino). Además, estas instrucciones se ven reforzadas mediante imágenes. Por otro lado, el sistema promueve la dualidad asistencia – entrenamiento, permitiendo que un cuidador vaya reduciendo el apoyo que recibe un usuario de acuerdo a su avance.

Con respecto a las interfaces, AssisT ofrece una experiencia unificada, de forma que el uso de uno de los módulos es muy similar al de los otros. Esto facilita el acceso a la asistencia, ya que el cambio de uno a otro resulta transparente al usuario. Además, todo el proceso de asistencia se registra, de forma que los cuidadores pueden analizar a posteriori el desempeño de los usuarios a su cargo.

El módulo AssisT-Task es el encargado de asistir en la realización de tareas instrumentales, tanto en el ámbito doméstico, como el educativo y el laboral. Para ello, gracias al uso del *smartphone* del usuario en combinación con códigos QR, el dispositivo presenta la secuencia de instrucciones a seguir, de forma adaptada tanto al usuario y su contexto como a la tarea.

Por otro lado, el módulo AssisT-Out asiste a los usuarios en sus desplazamientos a pie en entornos exteriores. Para ello, tanto el cálculo de la ruta como la presentación de las instrucciones se ha adaptado de forma que seguir la ruta consiste en seguir una secuencia de instrucciones sencillas (continúa recto, gira a la izquierda o gira a la derecha) reforzadas con imágenes a pie de calle.

Finalmente, el módulo AssisT-In ofrece asistencia en los desplazamientos en entornos interiores. Para ello, se basa de nuevo en la secuenciación de instrucciones simples

y se apoya en códigos QR para localizar y guiar al usuario.

1.4. Estructura de la tesis

La tesis está estructurada como sigue:

- Capítulo 1: en este primer capítulo se aporta una visión general de la tesis, los antecedentes históricos y las contribuciones más destacadas de este trabajo.
- Capítulo 2: el segundo capítulo presenta un estudio sobre la diversidad funcional, en el que se incluye nomenclatura y clasificaciones estándar y las implicaciones que tiene en el día a día de las personas.
- Capítulo 3: el tercer capítulo se corresponde con el estudio del estado del arte. En este capítulo se repasan los trabajos y referencias más destacadas del área de investigación.
- Capítulo 4: a partir de los estudios de los capítulos previos, en este capítulo se extraen una serie de necesidades que debería cubrir un sistema de asistencia integral para ser efectivo. A partir de estas necesidades, se ha realizado un análisis de requisitos y se propone el sistema de asistencia integral AssisT como herramienta para satisfacerlos.
- Capítulo 5: a lo largo de este capítulo se detalla el proceso de diseño, desarrollo y pruebas del módulo de asistencia para la realización de tareas instrumentales, “*AssisT – Task*”.
- Capítulo 6: siguiendo la misma estructura del capítulo anterior, éste presenta el módulo de guiado en entornos exteriores, “*AssisT- Out*”.
- Capítulo 7: en este capítulo se presenta el último de los módulos, “*AssisT- In*”, encargado de asistir en los desplazamientos en entornos interiores.
- Capítulo 8: este capítulo recoge una serie de recomendaciones para el diseño de aplicaciones adaptadas a personas con diversidad funcional intelectual. Estas recomendaciones se han extraído de la experiencia adquirida durante el proceso de diseño de los diferentes prototipos
- Capítulo 9: este último capítulo presenta una reflexión sobre el trabajo realizado, destacando las conclusiones más relevantes y planteando las líneas de trabajo futuro.



2 La diversidad funcional

El término diversidad funcional incluye una gran variedad de daños en las estructuras corporales y limitaciones funcionales [17]. A pesar de que el objeto central de esta tesis es la asistencia a personas con diversidad funcional intelectual, con la intención de aportar una visión más clara, a continuación se presenta una clasificación de las diversidades en base a diferentes parámetros.

Una primera opción sería distinguir las diversidades funcionales prenatales o congénitas, perinatales (debidas a problemas durante el parto), o postnatales. Una persona puede ser ciega debido a una malformación en el nervio óptico desde el nacimiento, mientras que otra lo puede ser debido a un accidente. El origen es diferente, si bien las dos personas se ven afectadas de la misma forma y su independencia se puede ver comprometida. Lo mismo puede pasar con la diversidad funcional intelectual: puede ser de nacimiento, como el síndrome de Down, o sobrevenida, como el daño cerebral adquirido o el Alzheimer.

Otra posible clasificación podría ser dependiendo de los órganos afectados: cerebro, extremidades, ojos, oído, etc. Esta clasificación presenta un carácter más funcional, ya que se podría asociar más fácilmente el daño y las capacidades afectadas. Incluso una tercera clasificación podría estar basada en funcionalidades afectadas únicamente, ya que en algunas ocasiones el daño en un órgano (el cerebro, por ejemplo) puede afectar a otros (como la vista o el movimiento de extremidades).

Con el objetivo de estandarizar las posibles clasificaciones, la Organización Mundial de la Salud (OMS) propuso la *“International Classification of Functioning, Disability and Health”* (Clasificación Internacional de Funcionalidades, Discapacidades y Salud, ICF) [18] que clasifica las discapacidades y funcionalidades asociadas a la salud. Por otro lado, y de forma complementaria, la OMS también publicó la *“International Clas-*

sification of Diseases and related health problems” (Clasificación Internacional de las Enfermedades y problemas de salud relacionados, ICD o ICD-10) [19], que provee una infraestructura etiológica para la clasificación de las condiciones de la salud (enfermedades, desórdenes y trastornos). Así, ambas clasificaciones conforman el marco común para referirse a los dominios relacionados con la salud.

Por otro lado, la “American Psychiatric Association” (Asociación Americana de Psiquiatría, APA) ha publicado una nueva clasificación, el “*Diagnostical and Statistical Manual Of Mental Disorders*” (Manual diagnóstico y estadístico de desórdenes mentales, DSM-5) [20]. Sin embargo, aunque aporta información adicional sobre ciertos aspectos con respecto al ICD, se trata de un manual específico para los Estados Unidos que no cuenta con el soporte global de la OMS. Así, en las siguientes secciones se repasan de forma general los diferentes tipos de diversidad funcional, clasificadas de acuerdo al ICD-10¹. Particularmente, se hace hincapié en la diversidad funcional intelectual y cómo afecta a la vida diaria de las personas.

2.1. Diversidad funcional física y motora (ICD: VI, XIII y XVIII)

La diversidad funcional física o motora limita los movimientos y capacidades físicas de la persona. Está relacionada directamente con el aparato locomotor y se puede deber a la ausencia de miembros (extremidades) o falta de control de los mismos.

Esta diversidad tiene un alto impacto sobre la vida de las personas ya que se ve limitada su movilidad, control de los movimientos o fuerza y, por lo tanto, necesitan asistencia para realizar actividades diarias, como el desplazamiento, el aseo o vestirse. Esto afecta directamente a su independencia, tanto personal como económica, ya que se reducen las opciones laborales. Sin embargo, dispositivos como las sillas de ruedas eléctricas e inteligentes, o las prótesis robóticas pueden hacer recuperar parte de estas capacidades.

2.2. Diversidad funcional sensorial (ICD: VII y VIII)

Las personas con diversidad funcional sensorial presentan limitaciones a la hora de recoger información del entorno que les rodea. Esto es, su capacidad auditiva y/o

¹Los códigos de los capítulos correspondientes de la ICD-10 se encuentran entre paréntesis, al lado de los títulos de las secciones

visual se ve alterada, lo cual restringe las capacidades de captación y procesamiento de la información de sus alrededores.

2.2.1. Diversidad funcional auditiva

La diversidad funcional auditiva se refiere a las limitaciones en las capacidades relacionadas con la captación y procesamiento de señales sonoras. Generalmente se conoce como sordera. Esta diversidad afecta directamente a las capacidades de comunicación, en lo que a la captación de información auditiva se refiere. Además, en ocasiones puede venir acompañada de problemas en las cuerdas vocales (personas sordomudas), lo cual dificulta más la comunicación: no sólo presentan dificultades a la hora de captar la información, sino que, además, su capacidad para expresarse oralmente se ve reducida.

Sin embargo, en la actualidad se cuenta con técnicas, dispositivos y lenguajes que permiten la subsanación, al menos parcial, de estos problemas. Las ayudas más extendidas son los audífonos externos, que son pequeños dispositivos que captan el sonido, lo amplifican y lo transmiten directamente al oído mediante un altavoz. Se utilizan principalmente en personas que han perdido parcialmente la audición (personas mayores, por ejemplo). En un nivel superior se encuentran los implantes cocleares, que son prótesis capaces de captar el sonido y transmitirlo directamente al cerebro. Finalmente, cabe destacar el lenguaje de signos y los desarrollos relacionados (agentes virtuales, traductores automáticos, etc.) que permiten la comunicación efectiva de estas personas.

2.2.2. Diversidad funcional visual

La diversidad funcional visual comprende cualquier limitación en las capacidades de percepción mediante el sentido de la vista. Generalmente se asocia con la ceguera y la baja visión, si bien se podrían incluir otros trastornos que provocan que no se perciba correctamente la señal visual, como el daltonismo. Esta diversidad tiene un gran impacto sobre la vida de las personas, ya que la mayor parte de los estímulos que recibimos son por el canal visual: si es de día o de noche, los colores (de la ropa, por ejemplo), el acceso a la información de Internet, por poner algunos ejemplos.

Tradicionalmente las ayudas que recibían las personas con este tipo de diversidad eran los perros guía, que les ayudan en sus desplazamientos, y el Braille, que les permite leer y escribir textos gracias al lenguaje táctil. Sin embargo, en los últimos años y gracias a la explosión de la web, cada vez existen más herramientas electrónicas y computacionales, así como estándares y guías, que les permiten el acceso a la información en igualdad de condiciones. Para ello, se han desarrollado sistemas de adaptación de software, como los lectores en pantalla, magnificadores y soluciones en alto kontras-

te o el uso de paletas alternativas (para personas daltónicas). Incluso identificadores electrónicos de color, que son dispositivos capaces de reconocer un color y comunicárselo al usuario (por ejemplo, para poder escoger la ropa).

2.3. Diversidad funcional intelectual

La diversidad funcional intelectual está relacionada con las capacidades mentales e intelectuales de las personas. Las causas son muy variadas: genéticas, congénitas, ambientales o metabólicas; y pueden darse en cualquiera de los tres periodos (prenatal, perinatal o postnatal). Una definición extensamente aceptada es la propuesta por la “*American Association on Intellectual and Developmental Disabilities*” (Asociación Americana de discapacidad intelectual y del desarrollo, AAIDD) [21]:

La discapacidad intelectual se caracteriza por limitaciones significativas en el funcionamiento intelectual y el comportamiento adaptativo, que cubre muchas de las habilidades sociales y prácticas del día a día. Además, se origina antes de los 18 años.

Esta definición se centra en el aspecto más funcional, ya que el origen de la discapacidad es muy variado y puede venir determinado por diversos factores tanto fisiológicos como ambientales. Por ello, la misma AAIDD definió un “mapa conceptual del funcionamiento humano” (*Conceptual Framework of Human Functioning*), considerando el funcionamiento humano como un término genérico que abarca todas las actividades de la vida diaria, las estructuras corporales y sus funciones, así como el comportamiento y la participación social. Además, es coherente con la clasificación ICF propuesta por la OMS, lo cual facilita la estandarización. La Figura 2.1 ilustra las 5 dimensiones sobre las que se construyó el *framework*: habilidades intelectuales, comportamiento adaptativo, salud, participación y contexto. Además, el modelo incluye sistemas de ayuda externos para suplir total o parcialmente alguna de las dimensiones.

Habilidades intelectuales

Por habilidades intelectuales no sólo se entienden las capacidades puramente académicas, sino que también se incluye el razonamiento, resolución de problemas, razonamiento abstracto, aprendizaje rápido y de problemas. Esto es, la capacidad del individuo para entender ideas complejas, adaptarse (de forma efectiva) a su entorno, aprender de la experiencia y afrontar y resolver obstáculos gracias al razonamiento y la comunicación [22].

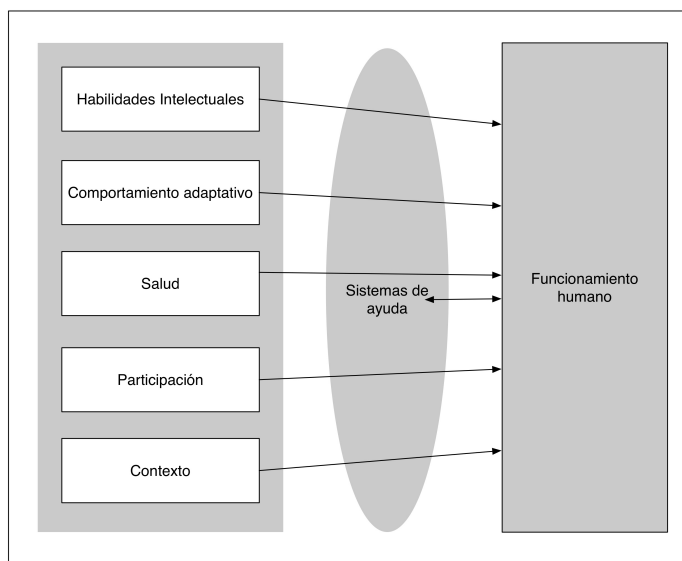


Figura 2.1. Diagrama del mapa conceptual del funcionamiento humano. Imagen adaptada de [21].

Comportamiento adaptativo

El comportamiento adaptativo es un conjunto de habilidades conceptuales (uso del lenguaje, lecto-escritura, manejo del dinero, tiempo y números, etc.), sociales (autoestima, relaciones interpersonales, obediencia de reglas, cautela, etc.) y prácticas (actividades de la vida diaria, seguridad, transporte, rutinas y horarios, etc.) que han sido aprendidas y se ponen en uso en el día a día.

Salud

El estado de salud afecta directamente a las funcionalidades de las personas. Si existen problemas de salud, generalmente, nuestras capacidades se ven afectadas. En el caso de las personas con diversidad funcional intelectual, este efecto es igualmente directo. Además, se puede ver potenciado ya que, en ocasiones, la diversidad funcional intelectual viene determinada por algún tipo de enfermedad o trastorno que afecta a otras funcionalidades, como la movilidad y, por lo tanto, restringe la independencia y participación social.

Participación

La participación se refiere a los roles y las interacciones que se dan en diferentes áreas, como la vida doméstica, la laboral o durante la educación y el ocio. Además, comprende todos los roles sociales que se desempeñan en el grupo de edad correspondiente.

Contexto

El contexto se refiere a todo lo que rodea a la persona, y lo componen tanto factores ambientales (físicos, sociales y actitudinales), como personales (género, raza, edad, motivación, etc.). De acuerdo con Bronfenbrenner [23], el contexto representa una perspectiva ecológica que implica al menos tres niveles. En la Figura 2.2 se han representado los tres niveles, así como las personas implicadas.

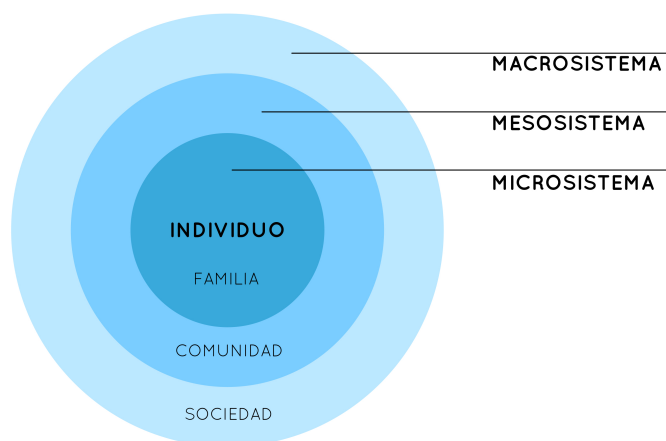


Figura 2.2. Diagrama de la perspectiva ecológica del contexto

- Microsistema: es el escenario social inmediato, incluyendo al individuo y su familia.
- Mesosistema: el vecindario, comunidad u organizaciones que participan en la educación o capacitación.
- Macrosistema: incluye los patrones culturales y sociales globales.

Niveles de diversidad funcional

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), se pueden establecer diferentes niveles en base al cociente intelectual. En la Tabla 2.1 se recogen los diferentes

niveles, junto con el cociente asociado y la edad equivalente en adultos. De esta forma, se pueden clasificar las aptitudes y habilidades de las personas con diversidad funcional intelectual. Sin embargo no se debe perder de vista que un bajo cociente intelectual no constituye por sí sólo una discapacidad intelectual. Como se ha visto en las secciones anteriores, la diversidad funcional intelectual viene dada por limitaciones en varias dimensiones y el nivel cognitivo es sólo una de ellas.

Nivel	Cociente intelectual	Edad Mental Adulta
Leve	50 – 69	9 – 12 años
Moderada	35 – 49	6 – 9 años
Grave	20 – 34	3 – 6 años
Profunda	<20	<3 años

Tabla 2.1. Clasificación por niveles de la diversidad funcional intelectual según la OMS

Según González-Pérez [24], las características más representativas de cada uno de los niveles de diversidad funcional intelectual son:

Leve El 85 % de las personas que sufren una diversidad funcional intelectual se encuentra dentro de este grupo. Con los apoyos necesarios pueden alcanzar los conocimientos equivalentes a sexto de primaria. Pueden integrarse en la sociedad sin que se note su diversidad funcional.

Moderada Suponen el 10 % de las personas con diversidad funcional intelectual. Son personas que a menudo tienen grandes dificultades para superar la educación primaria. En la adolescencia pueden tener problemas en las relaciones interpersonales. Con supervisión pueden realizar trabajos semicualificados.

Grave Del 3 al 4 % de las personas afectadas de diversidad funcional intelectual. Al finalizar la edad escolar pueden hablar o, al menos, comunicarse con otro sistema alternativo. También son capaces de aprender hábitos de salud, higiene personal, etc. En la edad adulta pueden trabajar en tareas sencillas bajo continua supervisión.

Profunda Del 1 al 2 % del total. Padecen graves alteraciones en su desarrollo sensorial y motor y con frecuencia problemas visuales, auditivos o de epilepsia. Han estado excluidos del sistema educativo hasta hace poco tiempo.

Modelos de desarrollo y diversidad funcional intelectual

En la actualidad existen dos teorías diferentes que explican la diversidad funcional intelectual: la teoría evolutiva y la teoría estructural. La teoría evolutiva fue desarrollada por Piaget [25] y sostiene que las personas con diversidad funcional intelectual

siguen el mismo desarrollo cognitivo que las personas sin ella. Las principales diferencias son que lo hacen a un ritmo más lento y, frecuentemente, no alcanzan los mismos niveles de desarrollo.

Por otro lado, la teoría estructural mantiene que las personas con diversidad funcional intelectual se caracterizan por tener unos déficits específicos que afectan muy especialmente al sistema cognitivo.

En realidad ambas teorías se complementan y, según algunos autores, forman parte de una teoría mayor que las engloba [26]. Así, se concluye que las personas con diversidad funcional intelectual pasan por las mismas fases de desarrollo cognitivo y en el mismo orden que el resto de personas (durante la niñez). Salvo la última fase, en la que se adquiere la destreza del pensamiento abstracto. Con respecto al aprendizaje, requieren un mayor esfuerzo para adquirir un nivel equivalente al resto, dado que su memoria suele ser mucho menos retentiva. A pesar de ello, conservan el aprendizaje aunque les cuesta adaptar las ideas y razonamientos adquiridos a situaciones distintas a las trabajadas previamente. Relacionado con esto, no automatizan adecuadamente las estrategias aprendidas.

Con respecto al desarrollo personal y social, existen unos patrones que provocan que su desarrollo no termine siendo muy efectivo, lo que puede causar aislamiento social y frustración. Además, este hecho se ve reforzado dada la baja tolerancia al fracaso y la limitada autocrítica, que les lleva a no cambiar su conducta.

2.3.1. Alzheimer (ICD: V y VII)

El Alzheimer es la forma más común de demencia. Se debe a un trastorno neurodegenerativo que provoca deterioro cognitivo y trastornos conductuales. Por ello, dentro del ICD, el Alzheimer se clasifica tanto como un desorden mental y conductual, como una enfermedad del sistema nervioso. Puede afectar a la memoria, tanto a corto como a largo plazo, el afecto, los sentimientos y el lenguaje. Así, las personas diagnosticadas de Alzheimer, poco a poco se vuelven más dependientes y aislados, al mismo tiempo.

Por lo tanto, afecta a todas las dimensiones vistas anteriormente. Incluso provoca cambios en el microsistema y mesosistema de la persona, ya que en muchas ocasiones se necesitan personas externas a la familia para atender a los pacientes (cuidadores, terapeutas o personal de residencias especializadas).

2.3.2. Daño Cerebral Adquirido (ICD: V)

Según el Centro de Referencia Estatal de Atención al Daño Cerebral (CEADAC), *“el Daño Cerebral Sobrevenido o Adquirido (DCA) hace referencia a diversas lesiones cerebrales. El origen más común son los traumatismos craneo – encefálicos, accidentes cerebro vasculares y secuelas de tumores cerebrales. Las consecuencias más frecuentes son déficits motores, sensoriales y neurocognitivos, que requieren una intervención integral: física, psicológica y social.”* [27].

Debido a que el órgano afectado es el cerebro, las secuelas vendrán determinadas por las regiones cerebrales dañadas y, por lo tanto, cualquier capacidad se puede ver afectada. Dado que no existe un mapa funcional consensuado, en el “Modelo de atención a las personas con daño cerebral” [28] se propone una clasificación según las áreas que se suelen tratar en rehabilitación:

Nivel de alerta. Determina la capacidad de la persona para responder ante estímulos. Mediante la “Escala de coma de Glasgow” [29] se puede evaluar la capacidad de alerta en tres dimensiones: la capacidad para mantener los ojos abiertos espontáneamente o ante un estímulo, la capacidad para mover un miembro a la orden o por estimulación y la capacidad para responder verbalmente.

Control motor. En el caso de que las lesiones afecten a las regiones frontales y parietales de los hemisferios del cerebro, la movilidad del lado del cuerpo contrario al hemisferio afectado se puede ver debilitada. Por lo tanto, no es de extrañar que se produzcan hemiplejías (parálisis de la mitad del cuerpo), hemiparesias (pérdida de fuerza y destreza en la mitad del cuerpo), posturas anómalas, como la garra palmar (la mano queda cerrada), flexión de codo o rodilla y pie equinovaro (pie en punta, con la palma girada hacia el interior).

Recepción de la información. En algunas ocasiones, la lesión cerebral puede provocar daños en los canales sensoriales y sensitivos, es decir, en la recepción de información. Dependiendo de la zona dañada, se verán afectados los diferentes sentidos. Con respecto al tacto, se puede perder la sensación del frío y del calor, dificultad para identificar el dolor o reconocer la forma o textura de objetos.

Comunicación. Se refiere a la capacidad de las personas para transmitir y comprender mensajes por medios escritos o hablados. Esta capacidad se puede ver afectada en lesiones en el hemisferio dominante. Las dificultades se pueden dar a diferentes niveles de comunicación: a la hora de comprender el lenguaje verbal (afasia de predominio sensitivo), expresarse en un lenguaje entendible (afasia de predominio motor), incapacidad para leer (alexia), no ser capaz de denominar objetos cotidianos (anomia), problemas a la hora de articular fonemas (disartria), dificultades a la hora de emitir la propia voz (disfonía). Además, los trastornos en el lenguaje no se suelen dar de forma aislada. Así, los problemas en el habla

suelen venir acompañados de problemas en la deglución, ya que se ven afectadas las mismas estructuras.

Cognición. Hace referencia a las funciones psíquicas: atención, concentración, orientación, memoria, capacidades visuoespaciales y funciones ejecutivas. Los trastornos en la cognición pueden ser transitorios y reversibles (como la amnesia postraumática) o permanentes. Son estos últimos los que más condicionan la vida independiente de la persona. Por otro lado, es común que los afectados no sean demasiado conscientes de las secuelas de su lesión y sus implicaciones futuras.

Emociones y personalidad. Tras una lesión cerebral, es común que se produzcan cambios en la personalidad (tendencia desinhibida o apática), pérdidas en las habilidades sociales y desórdenes emocionales. Además, pueden aparecer cuadros depresivos (especialmente tras un ictus) e inestabilidad en las emociones.

Actividades de la vida diaria. Estas capacidades no están relacionadas con alguna región concreta del cerebro, pero son de vital importancia para las personas. En estas actividades se agrupan las diferentes funciones que realizamos las personas en el día a día. Se separan en actividades básicas, como el aseo, vestido, control de esfínteres, etc. y en actividades instrumentales, como son el transporte, gestión de bancos, compras o actividades laborales.

2.3.3. Síndrome de Down (ICD: XVII)

El Síndrome de Down es un desorden genético causado por la presencia de una tercera copia del cromosoma 21. Por ello, también se conoce como Trisomía 21. Existen tres tipos de trisomía [30]:

Trisomía libre. Es el tipo más común de trisomía. En este caso, el exceso cromosómico se debe a una disyunción incompleta de la información genética de uno de los progenitores.

Translocación. En esta versión de la trisomía, la copia adicional del cromosoma 21 se encuentra pegado a otro cromosoma.

Mosaicismo. A diferencia de las anomalías anteriores, en este caso, no todas las células sufren la mutación, ya que se produce tras la concepción y, por lo tanto, sólo las células que surjan a partir de las mutadas heredarán la anomalía.

Los rasgos físicos más comunes son: retraso en el crecimiento, perfil facial plano, raíz nasal deprimida, ojos achinados, cuello corto y ancho, paladar ojival y la falta de tono muscular. Sin embargo, el factor más grave es el retraso psicomotor, ya que limita el desarrollo de muchas de las destrezas y capacidades que se adquieren en la

infancia. Por otro lado, desde el punto de vista intelectual, la mayoría de personas con síndrome de Down presentan un retraso mental de nivel variable. Esto provoca problemas como baja velocidad de procesamiento de la información, falta de atención, problemas de memoria así como desarrollo tardío del lenguaje. Además, en muchas ocasiones, aparecen limitaciones en las capacidades sensoriales, tanto auditivas como visuales.

2.3.4. Trastorno de Déficit de Atención e Hiperactividad (ICD: V)

De acuerdo con el ICD-10, el Trastorno de Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH) es un desorden del comportamiento caracterizado por la falta de persistencia en actividades cognitivas, tendencia al cambio de actividad de forma desorganizada, excesiva y sin terminar la anterior e impulsividad. Suelen tener dificultades para mantener la atención de manera prolongada y planificar sus tareas cotidianas, distrayéndose ante cualquier estímulo.

Generalmente se inicia en los cinco primeros años de vida y los niños se suelen caracterizar por ser desordenados, perder objetos con frecuencia y parecer que no escuchan cuando se les habla y, en muchas ocasiones, aparecen problemas en las funciones cognitivas y retrasos en el desarrollo motor y del lenguaje. Este desorden afecta tanto a la vida diaria de los niños, como a sus relaciones sociales. Con respecto a sus relaciones con otras personas y el comportamiento, suelen presentar problemas disciplinarios y desinhibición [31].

2.3.5. Trastorno del Espectro del Autismo (ICD: V)

El Trastorno del Espectro del Autismo (TEA) abarca una serie de desórdenes relacionados con el neurodesarrollo. Las personas con TEA se caracterizan por presentar un desarrollo anormal anterior a los 3 años de edad. Estas alteraciones se dan en tres áreas: social, comunicación y conducta. Y se manifiestan como déficits en la integración social o la comunicación, comportamiento repetitivo, intolerancia a los cambios y a la frustración [32]. Además, pueden aparecer otros problemas, como las fobias, trastornos del sueño o alimenticios o auto-agresión [33]. Existen tres tipos de TEA:

Trastorno Autista: es el llamado “autismo clásico”. Suelen tener retraso en el desarrollo del lenguaje y conductas asociales. Además, es común que las personas con autismo presenten algún otro tipo de diversidad funcional intelectual.

Síndrome de Asperger: las personas con síndrome de Asperger suelen presentar unos síntomas más leves de autismo (dificultad de socialización y conducta inusual)

pero no es tan común que presenten otras diversidades funcionales.

Trastorno generalizado del desarrollo no especificado (PDD–NOS): también llamado “autismo atípico”, se caracteriza por reunir algunos criterios del autismo y del síndrome de Asperger, pero no todos.

2.4. Diversidad funcional y la vida diaria

Como se ha visto en las anteriores secciones, la diversidad funcional afecta en diferente modo a los aspectos de la vida diaria de las personas, si bien el factor común es que limitan la autonomía y la independencia de las personas. En concreto, el foco principal de esta tesis es la diversidad funcional intelectual, por ello esta sección expone cómo afecta esta diversidad en las diferentes áreas que se trabajan en la vida diaria.

En concreto, el ciclo de actividad diaria de cualquier persona se puede dividir en base a tres contextos: la vida doméstica, la educación y el empleo, y las relaciones intrapersonales que surgen en cualquiera de los tres ámbitos. Por ello, este ciclo se suele replicar a la hora de plantear un proceso formativo (o rehabilitación en el caso del DCA) para personas con diversidad funcional intelectual, haciendo especial hincapié en la atención temprana [34].

2.4.1. Vida doméstica

Como vida doméstica se suele entender toda tarea o capacidad básica relacionada con el cuidado personal (higiene y aseo, alimentación, vestido, etc.), actividades instrumentales (limpieza, preparación de comidas, transporte, gestión del dinero, etc.) y las relaciones personales que se dan con los familiares, vecinos o compañeros de piso/residencia. Este contexto proporciona un nivel de independencia básico y está estrechamente relacionado con la edad de la persona.

El proceso formativo se basa en un trabajo continuo, tanto en el domicilio como en el centro de educación especial o de rehabilitación. Este proceso se debe adaptar a las necesidades, capacidades y progreso de cada persona. Así, se empezaría con las capacidades más básicas, como el aseo personal, la higiene y el vestido. Tras esto, se suelen trabajar las destrezas instrumentales, como la preparación de comidas o las tareas del hogar. De esta forma, se adquiere un cierto nivel de autonomía que le podría permitir ser autónomo en cierto sentido. Del mismo modo, en los casos que sea posible, se trabaja en la gestión del dinero, para lo que se requieren unas ciertas destrezas matemáticas, y los desplazamientos a puntos conocidos, primero bajo supervisión y, en la medida de lo posible, de forma autónoma. Por otro lado, tan importante es la

realización de actividades de la vida diaria, como las relaciones interpersonales que se dan.

Dependiendo de las capacidades y necesidades de la persona y su familia, este proceso se puede dar en la residencia familiar y el centro educativo o de rehabilitación o en centros de integración socio-laboral. Muchos de estos centros cuentan con residencias supervisadas y pisos tutelados, en los que se trabaja para que se gestionen en pequeñas comunidades o, si es posible, independientemente. El paso final y más deseable es la vida independiente plena, si bien es un objetivo difícil de alcanzar.

2.4.2. Educación

El entorno educativo comprende todo el ciclo, desde la etapa más básica hasta la superior, y las relaciones personales con los profesionales de los centros y los compañeros. En este contexto se trabajan tanto destrezas académicas, como la lectura y escritura, las matemáticas, desarrollo artístico y, en los últimos años, el manejo de nuevas tecnologías [35], como conductuales y de comportamiento social.

En la etapa más temprana (educación infantil), se suele trabajar la estimulación, logopedia, psicomotricidad y ciertas habilidades y comportamientos sociales. En la siguiente etapa, la que correspondería con la educación primaria y secundaria y hasta la mayoría de edad, se trabaja para facilitar el desarrollo integral de la persona, la lecto-escritura, razonamiento matemático y desarrollo artístico. En muchos centros, paralelamente, se trabajan habilidades manipulativas orientadas a la realización de trabajos (generalmente, manuales y repetitivos).

A pesar de las posibles complicaciones, también se apuesta por la integración en centros de educación no especializados, de forma que, al menos de forma temporal, comparten clase y estudios alumnos con y sin diversidad funcional. A pesar de las limitaciones en cuanto al aprendizaje académico que se pueden dar, estas experiencias pueden ser muy enriquecedoras desde el punto de vista del desarrollo social. Tanto para los estudiantes del centro, como para los estudiantes con diversidad funcional.

2.4.3. Empleo

Uno de los principales problemas a los que se enfrentan las personas con diversidad funcional intelectual es la falta de autonomía personal. Incluso en personas cuya diversidad funcional no es acusada -y en principio podrían gozar de un grado de independencia similar al de personas sin diversidad funcional- la dificultad de encontrar y mantener un trabajo impide su independencia real, por motivos económicos: la plena

autonomía personal de una persona con diversidad funcional intelectual pasa necesariamente por su inserción laboral [36]. Por ello, el contexto del empleo involucra todas las destrezas necesarias para conseguir, mantener y ejecutar un trabajo remunerado, así como las relaciones personales con compañeros, jefes, proveedores, etc.

La formación para el empleo suele basarse en la repetición de tareas específicas que se realizarán en el futuro trabajo, como elaboración de manualidades, clasificación de diversos materiales (correspondencia, informes, gestión de residuos para reciclaje, etc.) y tareas típicas de oficina (fotocopiado, limpieza, recados, etc.). Este proceso de aprendizaje y entrenamiento tiene lugar en diferentes centros y niveles. En la Figura 2.3 se ha representado gráficamente el proceso formativo general.

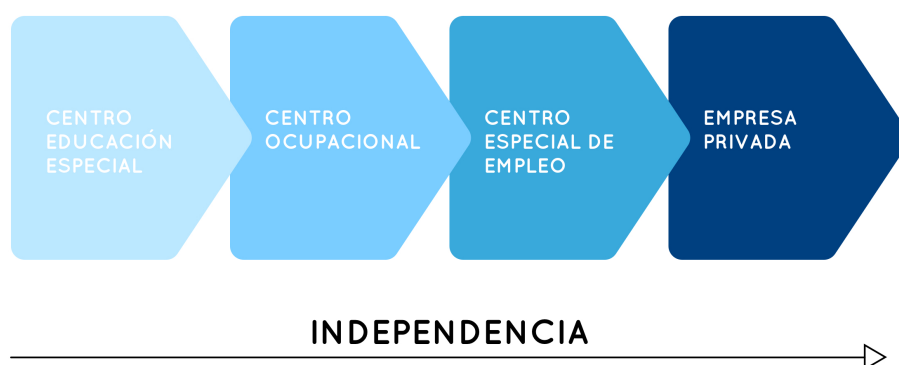


Figura 2.3. Diagrama de etapas y centros de la formación para el empleo

El primer nivel se corresponde con los centros de educación especial. Generalmente, en el proceso educativo de adolescentes se integran talleres en los que desarrollar este tipo de destrezas de forma que, una vez terminen esa etapa, pasen a la siguiente con un cierto conocimiento. Es en este periodo donde se enseñan destrezas mayoritariamente manuales o, incluso, que impliquen el manejo de algún tipo de maquinaria. En estos casos, es muy común que se tomen medidas para promover la seguridad y se eviten riesgos físicos.

El siguiente nivel son los centros ocupacionales. Según el BOE 289 [37], “*los centros ocupacionales tienen como finalidad asegurar los servicios de terapia ocupacional y de ajuste personal y social a las personas con discapacidad con el objeto de lograr su máximo desarrollo personal y, en los casos en los que fuera posible, facilitar su capacitación y preparación para el acceso al empleo. Igualmente prestarán estos servicios a aquellos trabajadores con discapacidad que habiendo desarrollado una actividad laboral específica no hayan conseguido una adaptación satisfactoria o hayan sufrido un empeoramiento en su situación que haga aconsejable su integración en un centro ocupacional*”.

El tercer nivel tiene lugar en los Centros Especiales de Empleo (CEE). Al igual que los centros ocupacionales, los centros especiales de empleo están definidos y regulados

en el BOE 289 [37] como *“aquellos (centros) cuyo objetivo principal es el de realizar una actividad productiva de bienes o de servicios, participando regularmente en las operaciones del mercado, y tienen como finalidad el asegurar un empleo remunerado para las personas con discapacidad; a la vez que son un medio de inclusión del mayor número de estas personas en el régimen de empleo ordinario. Igualmente, los centros especiales de empleo deberán prestar, a través de las unidades de apoyo, los servicios de ajuste personal y social que requieran las personas trabajadoras con discapacidad, según sus circunstancias y conforme a lo que se determine reglamentariamente”*

En el mismo nivel que los CEE, y de forma alternativa, se encontrarían las empresas cuyas plantillas incluyen personas con diversidad funcional. Cabe destacar de nuevo que, en España, la “Ley de Integración Social de Personas Discapacitadas” [16] obliga a empresas con más de 50 trabajadores a incluir a personas con diversidad funcional en sus plantillas. En concreto, al menos un 2 % de los empleados deben tener algún tipo de diversidad funcional certificada. El problema que surge en estos casos viene asociado a los costes en recursos humanos y temporales que se requieren [38]. Generalmente, la incorporación de una persona con diversidad funcional intelectual en una empresa requiere de un proceso de entrenamiento – aprendizaje de las tareas a desempeñar. Este proceso lo llevan a cabo preparadores laborales y, en la mayoría de casos, hace falta un preparador por cada persona con diversidad funcional durante un cierto período de tiempo (típicamente, dos a tres meses). Durante este período, el preparador orienta al recién incorporado sobre cómo realizar las tareas, crea o adapta materiales de apoyo para guiarle y asiste en todo el proceso de inserción laboral. Tras el proceso inicial de entrenamiento se reduce gradualmente la cantidad de apoyo que recibe la persona con diversidad funcional, de forma que poco a poco realice las tareas de forma autónoma, hasta, si fuese posible, no necesitar ningún tipo de apoyo.



3 Estado del Arte

En este capítulo se presenta un estudio del estado del arte de las tecnologías relacionadas con esta tesis. Tras introducir los problemas más frecuentes a los que se enfrentan las personas con diversidad funcional, se presentan las diferentes clasificaciones y estándares actuales relacionados con las tecnologías para la asistencia. Una vez asentadas las bases, se propone una revisión de los trabajos relacionados clasificados de acuerdo al tipo de actividad que asisten y las tecnologías empleadas

3.1. Introducción

Como se ha visto en el capítulo anterior, las necesidades particulares de cada persona con diversidad funcional intelectual varían de acuerdo a diferentes factores, clasificados en cinco dimensiones: habilidades intelectuales, comportamiento adaptativo, salud, participación social y contexto. Dentro de cada una de las dimensiones, los motivos, habilidades afectadas y niveles son diferentes, sin embargo, existen algunos problemas comunes que se repiten frecuentemente:

- **Memoria:** es uno de los problemas más extendidos entre las personas con diversidad funcional intelectual. Afecta a muchas otras capacidades como la secuenciación y muy negativamente a la frustración.
- **Planificación y secuenciación:** se trata de las dificultades que se encuentran a la hora de seguir y recordar secuencias, bien sean de entrenamiento, como secuencias de colores y símbolos, o bien sean los pasos a seguir para completar algún tipo de actividad. Por otro lado, la planificación también es un problema común,

muy relacionado con la memoria, ya que en muchas ocasiones se encuentran dificultades a la hora de recordar cuándo se debe realizar una tarea previamente encomendada. Ambas están estrechamente relacionadas con las actividades o tareas de la vida diaria.

- **Desplazamientos:** la autonomía en los desplazamientos genera un nivel de independencia considerable, ya que permite que la persona acceda a oportunidades fuera del hogar (centros especiales de empleo, formación, interacciones sociales en centros de ocio, etc.). Sin embargo, existen una serie de dificultades motivadas principalmente por problemas en la memoria y la rigidez mental. El entrenamiento en los desplazamientos requiere un gran esfuerzo ya que, con cierta frecuencia, olvidan dónde se dirigían y cómo se llega hasta ese lugar. Por lo tanto, se necesita supervisión directa, es decir, que un cuidador o tutor les acompañe. Además, la recuperación frente a errores o el encontrarse perdidos provoca una situación de estrés y frustración muy alta, que puede llegar a generar fobias, problemas conductuales y aislamiento social.
- **Aislamiento social:** tanto en casos TEA como de Alzheimer el aislamiento social es un factor muy a tener en cuenta a la hora de trabajar en sesiones de terapia, entrenamiento o rehabilitación.
- **Frustración:** en general, las personas con diversidad funcional intelectual, presentan un bajo nivel de recuperación frente a errores y tolerancia a la frustración.
- **Supervisión (casi) continua:** la formación de personas con diversidad funcional intelectual requiere supervisión prácticamente continua. Es decir, se requiere de un cuidador, terapeuta, educador o preparador laboral de forma casi continuada durante las sesiones de trabajo. Esto tiene asociados unos costes temporales y de recursos humanos que, en caso de no disponerlos, puede suponer que una persona no reciba una cierta formación y, por lo tanto, se pueda ver afectada su capacidad de independencia. Por otro lado, existe un miedo, sobre todo entre los familiares, a dejar “solo” a su hijo o hija. Es decir, miedo a que hagan mal una tarea y se frustren, a que se pierdan a la hora de ir a algún sitio, etc.

De forma complementaria, se han identificado tres contextos de la vida diaria en los que el uso de tecnologías para la asistencia pueden ayudar en la vida independiente de las personas: el entorno doméstico, el educativo y el laboral. En los tres contextos se pueden dar algunos de los problemas citados anteriormente, ya que en estos (los contextos) se incluyen tanto las tareas y destrezas necesarias para llevarlas a cabo, como las relaciones sociales que surgen en cada uno de ellos y los desplazamientos asociados. Con el objetivo de clasificar este tipo de tecnologías, existen una serie de clasificaciones y estándares ampliamente aceptados. Entre otros encontramos:

- “*National Classification System for Assistive Technology Devices and Services*” (Sistema de Clasificación Nacional de Tecnologías y Servicios para la Asistencia,

3.1. INTRODUCCIÓN

RTI/NCS) [39], publicado por el “*National Institute on Disability and Rehabilitation Research*” (Instituto Nacional de Investigación en Discapacidad y Rehabilitación, dependiente del Departamento de Educación de EEUU). Esta clasificación se basa en la naturaleza del dispositivo y el área de ayuda. En concreto, se divide en 10 grandes grupos: elementos arquitectónicos, elementos sensoriales, ordenadores, controles, vida independiente, movilidad, prótesis y órtesis, tiempo libre y deportes, mobiliario modificado (o no) y servicios.

- “*International Classification of Functioning, Disability and Health*” (Clasificación Internacional de Funcionalidades, Discapacidades y Salud, ICF) [18]. Como se ha presentado anteriormente, este documento publicado por la OMS pretende estandarizar el lenguaje utilizado a la hora de referirse a la salud y los estados asociados. En conjunto con la “*International Classification of Diseases and related health problems*” (Clasificación Internacional de las Enfermedades y problemas de salud relacionados, ICD o ICD-10) [19], conforman el marco común para referirse a los dominios relacionados con la salud.
- ISO 9999: “*Assistive products for persons with disability – Classification and terminology*” (Productos para la asistencia de personas con discapacidad – Clasificación y terminología) [40]. Se trata de un estándar de la “*International Standardization Organization*” (Organización Internacional de Estandarización, ISO) que establece una clasificación de productos para la asistencia de personas con necesidades especiales en varios niveles jerárquicos, etiquetados con números, anotaciones y explicaciones. En el nivel superior, encontramos clases como “productos de apoyo para el entrenamiento/aprendizaje de habilidades”, “productos de apoyo para el cuidado y la protección personal” o “productos de apoyo para el empleo y la formación laboral”.

Estos documentos clasifican y definen sistemas genéricos y terminología. Por lo tanto, para obtener una visión más concreta del problema se debe hacer uso de otras publicaciones científicas que, si bien muchas basan sus clasificaciones en los estándares, repasan el estado de las tecnologías para la asistencia disponibles actualmente. Además, de acuerdo a Bauer, Elsaesser y Arthnat [41], existe una cierta inconsistencia entre los diferentes estándares de clasificación. Por ello, en su artículo analizan varios de ellos (incluyendo la ICD, ICF, ISO9999 y RTI/NCS), así como dos bases de datos disponibles en Internet (AbleData¹ y AssistiveTech²), para proponer una clasificación que incluya todas las ideas y sea compatible con los modelos estudiados. Para ello, tras plantear las ventajas y desventajas de cada una de las clasificaciones estudiadas, proponen una serie de reglas que debería cumplir una clasificación de “*Assitive Technology Device Classification*” (Clasificación de dispositivos tecnológicos para la asistencia, ATDC), como son los criterios de inclusión y exclusión, uso de los términos propuestos en la ICD y RTI/NCS, etc.

¹<http://www.abledata.com/> (Último acceso: Enero 2015)

²<http://assistivetech.net/> (Último acceso: Enero 2015)

Por otro lado, uno de los primeros trabajos que recopiló el estado del arte de las tecnologías para la asistencia específicamente diseñadas para la rehabilitación cognitiva lo presentaron LoPresti *et al.* en [14]. En este artículo, los autores presentan un breve estudio sobre la diversidad funcional intelectual, los problemas cognitivos asociados, así como otras posibles limitaciones que se pueden presentar (problemas de visión, coordinación, etc.) y cómo afectan a la interacción persona – ordenador. Tras esto, presentan una serie de artículos, incluyendo referencias desde los años 70 hasta el año de publicación (2004), clasificados de acuerdo al área que soportan: tecnologías para la memoria e impedimentos en las funciones ejecutivas, tecnologías para las limitaciones en el procesamiento de información y tecnologías para problemas sociales y de comportamiento. El artículo concluye asentando las bases para la inclusión de la tecnología en la rehabilitación clínica, validando su hipótesis gracias a los diferentes estudios revisados.

Años más tarde, Tsui y Yanko [42] publicaron un estudio sobre dispositivos de “*prompting*”, es decir, dispositivos de ayuda para la realización de tareas secuenciales. Basándose en las definiciones de tecnologías para la asistencia de Kirsch *et al.* [11] y Cole [12], plantean las dimensiones sobre las que se puede describir un dispositivo para la asistencia:

- Tipo de habilidad cognitiva que asiste.
- Habilidades sensoriales requeridas.
- Nivel de tecnología empleado.
- Nivel de distribución.
- Nivel de personalización.
- Nivel de conocimiento del contexto.
- Nivel de adaptación.

En base a estas dimensiones, las autoras realizan un estudio de 8 proyectos diferentes y sus evaluaciones. Así, concluyen que, si bien los dispositivos funcionan, falta mucho trabajo por hacer. Sobre todo, en lo que se refiere al guiado adaptativo, es decir, variar la cantidad de ayuda que recibe el usuario en base a sus características. Esta adaptación es muy común en la asistencia “clásica”, en la que las observaciones de expertos permiten tomar decisiones en cuanto a la modificación de la ayuda. La propuesta de las autoras es que los futuros sistemas deberían ser capaces de captar y cuantificar esos matices y ser capaces de proponer esa personalización de la asistencia.

Otro trabajo muy interesante es el publicado por Boger y Mihailidis en [43]. En él los autores comienzan a hablar de tecnologías inteligentes para la asistencia, es decir, no sólo dan soporte, sino que lo hacen incorporando sistemas de decisión y variables

3.1. INTRODUCCIÓN

contextuales para ayudar de una forma más personalizada y dinámica. En concreto, dividen el estudio de acuerdo al área en el que se da el soporte: detección de cambios de salud, movilidad (donde se incluyen tanto sillas de ruedas inteligentes como dispositivos de navegación y guiado) y actividades de la vida diaria. Si bien el artículo no presenta una clasificación novedosa ni un repaso de la literatura exhaustivo, plantea la idea de aportar inteligencia a los sistemas de asistencia.

Muchos de los trabajos introducidos hasta ahora centraban el ámbito de uso de la tecnología en la vida doméstica. Sin embargo, existe un número considerable de trabajos relacionados con la asistencia en otro ámbito: la educación. En concreto, Maor, Currie y Drewry [44] realizaron una búsqueda sistemática de trabajos de investigación relacionados con el empleo de tecnologías para la asistencia en el entorno educativo, particularmente, enfocadas en la lectura, escritura, ortografía y la pronunciación. De su búsqueda, centrada entre los años 2004 y 2009, obtuvieron un total de 15 artículos describiendo diferentes proyectos y aproximaciones. En conclusión, los autores exponen la falta de datos en general, ya que no existían artículos en los que se utilizase la tecnología durante toda la etapa educativa para poder extraer datos y conclusiones en el medio o largo plazo, y la falta de homogeneidad de las tecnologías.

Una de las revisiones más completas que se encuentran en la literatura es la propuesta por Gillespie, Best y O'Neill en [45]. En ella, hacen una revisión sistemática de la literatura extraída de diferentes bases de datos médicas, obteniendo un total de 89 artículos. A la hora de clasificarlos, siguen la estructura de la ICF. En concreto, estudian artículos relacionados con las funciones de atención, cálculo, emocionales, cognitivas de alto nivel, memoria y experiencias relacionadas con uno mismo y con el tiempo. Sin embargo, los autores destacan que no han encontrado estudios sobre asistencia en otras funciones, como psicomotoras, de la percepción o del pensamiento. Finalmente, los autores concluyen que, si bien la ICF es la base de la terminología relacionada con la asistencia, no está relacionada con el estándar ISO9999. Por ello, proponen una nueva clasificación basada en funciones cognitivas, que usa la terminología de la ICF. Por último, los autores discuten sobre la expansión de la asistencia más allá de recordatorios y guiado, pudiendo ser utilizada para asistir otras funciones cognitivas. Para ello, proponen al *smartphone* como candidato idóneo para permitir esta asistencia.

En ese mismo sentido, y con respecto al uso de dispositivos móviles como tecnologías para la asistencia, Kagohara *et al.* . presentaron recientemente una revisión sistemática en la que evaluaban el uso de los dispositivos de Apple (*iPad*, *iPod* e *iPhone*)³ como herramientas para la asistencia de personas con problemas de desarrollo en el entorno educativo [46]. A la hora de clasificar los resultados, proponen una clasificación basada en la enseñanza de habilidades: académicas, comunicativas, laborales, de tiempo libre y ocio y, finalmente, desplazamientos. De su estudio (de 15 artículos) concluyen que los resultados son muy positivos y este tipo de dispositivos resultan muy adecuados para

³*iPad*, *iPod* and *iPhone* are trademarks of Apple Inc.

dar soporte a las personas con problemas de desarrollo.

Finalmente, cabe destacar el trabajo de Lancioni y Singh [47]. Recientemente han publicado un libro que recopila diferentes visiones de las tecnologías para la asistencia de personas con diversas habilidades. El libro divide el estudio en 10 capítulos, cada uno centrado en un tipo de diversidad funcional (daño cerebral adquirido, trastornos de la comunicación, estudiantes con problemas de visión o personas con discapacidad intelectual severa o profunda, entre otros). Si bien el objetivo común es mejorar la calidad de vida de las personas, cada uno de los capítulos ofrece una visión particular de acuerdo a las necesidades de las personas objetivo. En lo relacionado con esta tesis, resulta especialmente interesante el décimo capítulo, titulado “*Assistive Technology for people with severe/profound intellectual and multiple disabilities*” (Tecnologías para la asistencia de personas con discapacidad intelectual severa/profunda y múltiples discapacidades) [48]. Tras introducir el tipo de diversidad funcional objeto de estudio y las limitaciones que supone para las personas, los autores presentan una clasificación en cuatro grupos: “*Microswitches*” (sensores de diferente índole que permiten el control de elementos del entorno en el que se encuentra el usuario), dispositivos generadores del habla, sistemas de orientación en entornos interiores y sistemas de guiado para la realización de actividades. Las conclusiones que extraen los autores, de forma individualizada, son positivas, si bien animan a potenciar el uso de estas tecnologías igualmente en conjunto, para facilitar la independencia de los usuarios.

De las clasificaciones y revisiones presentadas anteriormente se puede obtener una visión de la evolución temporal de este tipo de productos. Partiendo de la propuesta de LoPresti sobre las posibilidades que ofrecería la inclusión de tecnología en el ámbito clínico, se ha evolucionado hasta, en 2010, la revisión de Tsui y Yanko, que presentan proyectos evaluados con usuarios y pacientes reales en los que se usan tecnologías móviles para asistirlos. De hecho, proponen a los *smartphones* como candidatos a ser la herramienta del futuro. Esa misma idea se ha visto apoyada por otros autores, como Gillespie y Kagohara. Finalmente, la visión aportada en el libro de Lancioni y Singh sobre la aplicación de tecnologías para la asistencia de personas con diferentes tipos de diversidad funcional hace ver la madurez que se ha conseguido en los últimos años en esta área.

Más concretamente, dado que el ámbito de interés de aplicación de esta tesis es la asistencia integral de personas con diversidad funcional intelectual mediante el uso de tecnologías móviles, a continuación se plantea una revisión del estado del arte relacionado. En particular, la revisión bibliográfica se ha enfocado en dos de estos problemas principalmente: memoria y desplazamientos. Como se ha dicho anteriormente, los problemas de memoria afecta directamente a otras habilidades, como la secuenciación y la planificación. Por lo tanto, el análisis y las posibles soluciones a estas limitaciones también formarán parte del estudio.

Por lo tanto, la revisión se divide en dos grandes bloques: sistemas de ayuda para la realización de tareas de la vida diaria y sistemas de guiado en desplazamientos. Dada la cantidad de actividades y contextos en los que se pueden dar en el primer bloque, el estudio se ha dividido en base a los contextos identificados en la Sección 2.4 del capítulo anterior: vida doméstica, educación y empleo. Por otro lado, los proyectos relacionados con el guiado en los desplazamientos se ha dividido de acuerdo al tipo de entorno: exteriores e interiores. Como se verá más adelante, esta división viene motivada por factores tecnológicos. De forma adicional, también se presentan tres proyectos cuyo objetivo es el guiado en desplazamientos en todo tipo de entornos.

3.2. Sistemas de asistencia para la realización de tareas de la vida diaria

3.2.1. Vida doméstica

ARCHIPEL

Se trata de un entorno inteligente equipado como una cocina y dotado de sensores y actuadores adicionales para asistir a personas con necesidades especiales en la realización de tareas de la vida diaria [49]. En concreto, el entorno cuenta con diferentes sensores con los que medir la actividad del usuario y diferentes actuadores, como luces y altavoces ubicados de forma específica para captar la atención del mismo. Por ejemplo, a la hora de localizar un utensilio, mediante señales luminosas el entorno le puede indicar en qué cajón se encuentra. O si, por ejemplo, se ha dejado el horno encendido, se puede avisar al usuario mediante una alarma sonora. Finalmente, el sistema cuenta con una pantalla táctil para el guiado durante las actividades. En concreto, a la hora de realizar una receta, la pantalla muestra cada uno de los pasos mediante imágenes. Además, la pantalla de guiado cuenta con dos herramientas adicionales: vídeos explicativos y una utilidad para la localización de los elementos.

En [50] se presenta una evaluación del sistema con usuarios reales. El objetivo era medir el impacto del entorno en el desarrollo de la tarea. Para ello, se realizó una evaluación con 12 usuarios, en la que cada uno participó en tres sesiones: una de entrenamiento con el entorno y otras dos en las que se preparó una receta (primero sin la ayuda del entorno y luego con ella). Sin embargo, los autores solo reflejan en el artículo los resultados de uno de los individuos, a modo de caso de estudio. De las pruebas realizadas, concluyen que el usuario mejoró con la ayuda del entorno (sobre todo a la hora de localizar los ingredientes y utensilios) y realizó más pasos de forma autónoma, cometiendo menos errores y de forma organizada. Sin embargo, el tiempo

empleado en ambos casos (con y sin asistencia del entorno) fueron similares.

De la evaluación llevada a cabo, los autores concluyen que el uso de herramientas tecnológicas, tanto entornos inteligentes como manuales virtuales, ofrecen ventajas a la hora de asistir a personas con necesidades especiales, sobre todo en los casos de pérdida de memoria, falta de planificación y desorganización.

MAPS

“*Memory Aiding Prompting System*” (Sistema de indicación para ayuda a la memoria, MAPS) [51] se trata de un sistema diseñado para asistir a personas con diversidad funcional intelectual en sus tareas de la vida diaria. Para ello, se emplean PDAs como dispositivos de ayuda, en los que se muestra una guía interactiva con los pasos a seguir para completar una tarea. El sistema hace uso de las capacidades del dispositivo: la pantalla táctil, en la que se presentan las imágenes y, al tocarla, avanza un paso en la guía; los botones físicos para avanzar o retroceder, reproducir de nuevo un paso y solicitar ayuda adicional (todos ellos configurables); y el altavoz para reproducir sonidos y audio (de los vídeos).

De forma complementaria, si el dispositivo cuenta con un sistema de localización GPS, el guiado se puede extender a la navegación en entornos exteriores. Finalmente, estas guías (o “*scripts*”) las elaboran los cuidadores, mediante una herramienta de ordenador. En ella, el cuidador puede crear los pasos que formarán la guía asociando imágenes y sonidos, así como los posibles controles de reproducción.

En [38] se presenta MAPS-LifeLine, una extensión de MAPS en la que los cuidadores reciben información adicional sobre las necesidades del usuario. En el artículo, se describe cómo este sistema puede facilitar la independencia de personas en el entorno laboral donde, generalmente, requieren soporte y supervisión casi continuados. Gracias al uso de este sistema, el cuidador puede valorar el progreso del usuario de forma remota y posterior. Además, se elimina la necesidad de un supervisor por usuario, ya que el sistema permite que un solo cuidador “vigile” a diferentes usuarios al mismo tiempo.

TEBRA

“*TEeth BRushing Assistance*” (Asistente para el cepillado de dientes, TEBRA) es un sistema de soporte para personas con diversidad funcional intelectual moderada en el cepillado de dientes [52]. En concreto, TEBRA ofrece guiado automático en la realización de la tarea, para lo que hace uso de diferentes sensores, cámaras y sistemas de decisión para reconocer el paso que está haciendo el usuario y, de forma automática, mostrar el siguiente paso a realizar en el momento adecuado. Este equipamiento se

instaló en un lavabo (adaptado a las necesidades de estas personas), en el que además se instaló una pantalla y un sistema de sonido, de forma que el *feedback* se podía dar tanto de forma visual como auditiva.

El sistema fue evaluado con siete usuarios con diversidad funcional intelectual en un total de 55 sesiones (20 con la asistencia de un terapeuta y 35 asistidos por TEBRA). Los resultados fueron positivos ya que demostraron que el sistema mejora en la independencia de las personas a la hora de cepillarse los dientes, si bien este incremento en la independencia fue variable entre los diferentes usuarios.

PREVIRNEC

PREVIRNEC es un sistema de telerehabilitación distribuido basado en entornos virtuales [53]. Este sistema ofrece una serie de ventajas, como son su alto nivel de programación, un completo sistema de reportes para el cuidador, integración de tareas en 2D y 3D y flexibilidad para añadir nuevas tareas. El nivel de programación se puede entender de dos formas: por un lado, los expertos disponen de las herramientas necesarias para diseñar programas de rehabilitación ajustados a las necesidades de los pacientes y, por otro lado, el sistema puede ajustar automáticamente el nivel de dificultad de la tarea de acuerdo al progreso del usuario.

En el proceso del diseño del sistema se intentaron afrontar los posibles retos que presentan los mundos virtuales y cómo asemejarlos a la realidad. Uno de los más complejos era cómo manejar la cámara y qué se muestra. En este sentido, dadas las posibles limitaciones de los usuarios, se seleccionó un plano en primera persona. Aún así, existía un problema ya que se debía manejar tanto la vista (equivalente a girar el cuello) como la mano, para manipular los objetos. Así, se decidió que la vista sería fija. Por otro lado, se debían diseñar los tipos de interacciones con los objetos. En este sentido, se limitó la interacción con objetos que estuviesen dentro del campo de visión y a una distancia equivalente a lo que sería un brazo, para que fuese lo más similar a la realidad. Además, la interacción se producía al golpear los objetos con la mano y, dependiendo de las capacidades del objeto, se producía un efecto (coger, dejar, encender, etc.)

A pesar de no haber sido evaluado con usuarios con diversidad funcional intelectual, tanto los terapeutas que participaron en el diseño y desarrollo del sistema como otros expertos que fueron consultados concluyeron que el sistema resultaba útil y les permitía diseñar programas de terapia más ajustados a las necesidades de sus pacientes.

3.2.2. Educación

Artifact-AR

Artifact-AR es un sistema de realidad aumentada para la rehabilitación cognitiva [54]. Para ello, hace uso de una estructura tridimensional, etiquetas identificativas y punteros (así como de un monitor para la visualización de la información virtual) de forma que los terapeutas pueden programar actividades para ejercitar los procesos cognitivos, como la memoria, la secuenciación y la identificación de imágenes.

En la evaluación del sistema participaron diez terapeutas. Durante las sesiones, se les presentaron dos actividades diferentes y se recogió su opinión en cuanto a la usabilidad del sistema y su aplicabilidad en el proceso de rehabilitación. Del análisis posterior, los autores concluyen que el sistema resulta visualmente atractivo, rápido y multimodal (información visual y auditiva). Además, parece adecuarse a las necesidades del proceso de rehabilitación. Sin embargo, existen una serie de problemas que deben ser solventados, como la dependencia del rendimiento del sistema de la iluminación exterior y la calidad de la cámara utilizada para capturar la imagen, así como cuestiones relacionadas con el tipo de sujeción de los punteros y la facilidad de aprendizaje y uso general del sistema.

Picaa

Picaa es una plataforma de aprendizaje móvil diseñada para asistir en el proceso educativo a personas con diversidad funcional intelectual [55]. Gracias al empleo de tecnologías móviles, el sistema ofrece una serie de actividades que los educadores pueden programar y adaptar de acuerdo a las necesidades de los estudiantes.

La plataforma emplea los dispositivos móviles de Apple (*iPad*, *iPod* e *iPhone*) que, gracias a la pantalla multitáctil, movilidad, accesibilidad y conectividad que ofrecen, parecen ser aptos para las tareas que se plantean y el contexto de uso. El sistema cuenta con cuatro tipos de actividades: exploración (visualización de contenido), asociación, puzzles y ordenación. Así, los educadores pueden crear diferentes actividades variando los contenidos. Esta tarea también se realiza en el propio dispositivo móvil, lo que permite una transición muy rápida entre el diseño de la actividad y su uso.

Con el objetivo de validar la plataforma, se realizó una evaluación con 39 estudiantes con necesidades especiales. De los cuestionarios realizados y las observaciones de los educadores, se concluyó que el sistema ayudó en el desarrollo de habilidades básicas, como la percepción, atención, memoria, lecto-escritura, habilidades motoras y razonamiento. Además, gracias a la adaptación que ofrece (de acuerdo a las necesidades

del usuario), las actividades se pueden ajustar para potenciar el aprendizaje, así como adaptarse a diferentes metodologías docentes y estilos de aprendizaje.

Finalmente, cabe destacar que, además de ser un proyecto de investigación científica, la plataforma se encuentra disponible en el mercado de aplicaciones de Apple de forma gratuita.

Uso del *iPad* como herramienta móvil de aprendizaje

Este estudio preliminar aporta una visión empírica sobre el uso de *iPads* como herramienta móvil de aprendizaje para estudiantes con diversidad funcional intelectual en la etapa post-secundaria. Es decir, personas con algún tipo de diversidad pero que siguen cursos universitarios o de formación adicional, posteriores al instituto.

Así, Chmillar y Anton presentaron en [56] la experiencia de un modelo de investigación participativo (“*Participatory Action Research*”, PAR) [57], en el que dos personas con discapacidad participaron en un estudio preliminar. Para ello, se les entregó un *iPad* a cada uno, cargados con una variedad de aplicaciones y contenidos relacionados con sus estudios. Tras unas semanas de uso, se les preguntó sobre las virtudes y facilidades que habían encontrado. En general, los participantes estaban muy contentos y sorprendidos con la cantidad de tareas que podían realizar con el dispositivo, si bien encontraron dificultades a la hora de probar y elegir las aplicaciones más adecuadas (debido al número de ellas y la complejidad de algunas), así como configurarlas. Sin embargo, una vez encontraron las más adecuadas, se mostraron muy satisfechos.

ePAD

El proyecto *ePAD* surge ante el creciente interés de la terapia artística en el mantenimiento y mejora de la calidad de vida de las personas con demencia [58]. Para ello, los autores realizaron una encuesta *online* en la que 133 terapeutas (a nivel mundial) reflejaron sus opiniones sobre cómo debería ser un sistema tecnológico para la terapia artística. A partir de los resultados de la encuesta y el análisis etnográfico posterior, se desarrollaron tres prototipos: uno para pintar con los dedos en pantallas táctiles verticales, otro para crear *collages* en superficies multitáctiles horizontales y, finalmente, un tercer prototipo especialmente desarrollado para poder realizar animaciones a mano alzada en tabletas digitales.

Si bien el sistema no se probó con usuarios reales, la encuesta a los terapeutas aportó ideas realmente interesantes, estableciendo los requisitos que los expertos consideraron necesarios a la hora de desarrollar un apoyo tecnológico para este tipo de usuarios y actividades.

3.2.3. Empleo

ARCoach

Se trata de un sistema de guiado en tareas basado en Realidad Aumentada (AR) [59] para entrenar a personas con diversidad funcional intelectual en las tareas propias del entorno laboral [60]. El sistema se basa en etiquetas que identifican un elemento y, una vez capturadas y decodificadas, se puede sustituir de forma virtual por el elemento al que identifican (bien mediante imágenes o modelos 3D).

En concreto, en el estudio presentado en el artículo, se evaluaba *ARCoach* para el entrenamiento en la preparación de comidas (menús con cuatro platos/elementos previamente cocinados). Para ello, se emplearon 16 etiquetas, cada una representando un alimento y el usuario tenía que seleccionar y colocar las cuatro etiquetas correspondientes al menú en una bandeja. Gracias a una cámara en el plano cenital, *ARCoach* identificaba cada alimento y lo representaba en una pantalla. Así, el usuario interactuaba con objetos del mundo físico (las etiquetas), con los que manipulaba elementos virtuales (las imágenes de los alimentos). Además, el sistema analizaba tanto que el alimento fuese correcto para el menú a preparar, como que su posición fuese la adecuada en la bandeja, alertando al usuario en caso de error.

La evaluación del sistema se dividió en tres etapas: una primera etapa en la que se empleaban instrucciones verbales progresivas, es decir, insistiendo y ayudando de forma directa en caso de necesitarlo; una segunda etapa en la que se empleó *ARCoach* para asistir a los usuarios; y finalmente, una serie de sesiones en las que los usuarios no dispusieron de ningún tipo de ayuda. De la experiencia de los tres usuarios, los autores concluyeron que existe una diferencia significativa en cuanto al rendimiento (porcentaje de menús elaborados correctamente). Además, el análisis también demuestra que existió un cierto nivel de aprendizaje y éste, se retuvo.

Kinempt

Kinempt es un sistema especialmente diseñado para entrenar a personas con diversidad funcional intelectual en tareas secuenciales relacionadas con el entorno laboral [61]. Para ello, utiliza una cámara Microsoft Kinect[®] de forma que puede reconocer los gestos y movimientos de los usuarios y compararlos con los que se deberían hacer para realizar la tarea. Es decir, el sistema es capaz de identificar la acción que está realizando el usuario (coge un cierto elemento, lo coloca en un lugar, etc.) y la compara con los gestos que componen la tarea a realizar, que se ha diseñado previamente. Una vez el usuario realiza de forma correcta un paso, el sistema le indica cuál es el siguiente. Así, de forma autónoma, el usuario puede realizar tareas sin supervisión ya que *Kinempt*

es capaz de identificar, corregir y avanzar automáticamente los pasos de la tarea.

El sistema se evaluó en dos sentidos: por un lado, en cuanto a rendimiento y precisión del propio sistema (estudio exploratorio) y, por otro lado, en cuanto al nivel y calidad de la asistencia aportada (estudio comparativo). El entorno de pruebas fue una reproducción de una pizzería, en la que los participantes tenían que preparar cinco pizzas y cada pizza requería cinco pasos, uno por cada ingrediente, que debían ser seguidos en orden estricto.

El estudio exploratorio consistió en la evaluación del rendimiento del sistema en términos de precisión (o exactitud) y *recall* (adecuación). Para ello, cuatro usuarios con diversidad funcional intelectual de diferente índole y severidad prepararon las pizzas y se capturaron sus movimientos para que Kinempt los analizase. En el análisis se identificaron falsos/verdaderos positivos y negativos, y se estableció una fórmula para obtener el valor de ambos términos. El resultado obtenido fue positivo, ya que el sistema fue capaz de identificar el 99 % de los gestos (como correctos e incorrectos) y sólo detectó una falsa alarma debido a una pérdida de la señal en la detección del usuario.

Finalmente, en el estudio comparativo participaron dos usuarios, que realizaron un total de quince sesiones cada uno. En cada sesión, cada usuario preparaba una de las cinco posibles pizzas. Además, a lo largo de las sesiones se fue variando el tipo de asistencia recibida: apoyo gradual incremental y *Kinempt*. El análisis de los resultados demuestra la validez de este tipo de sistemas (reconocimiento de gestos automático) para el entrenamiento de tareas relacionadas con el mundo laboral.

Tecnologías móviles para el aprendizaje de tareas laborales

En este trabajo se presenta un estudio sobre la viabilidad de las tecnologías móviles como dispositivos para la asistencia en la realización de tareas laborales [62]. Para ello, el dispositivo se utiliza como reproductor de vídeos pre-grabados en los que un educador realiza la tarea y se filma con una cámara en primera persona. Así, el usuario puede ver el vídeo a posteriori, mientras realiza la actividad y repite los pasos.

Durante la evaluación, tres jóvenes con diversidad funcional intelectual realizaron una tarea (cambiar la memoria de un ordenador) en diferentes sesiones: de prueba, entrenamiento, referencia, intervención y mantenimiento. Las sesiones de prueba sirvieron como filtro para seleccionar a los potenciales usuarios. Por otro lado, durante el entrenamiento se les enseñó el manejo del teléfono para realizar otra actividad. Posteriormente, en las sesiones de referencia, intervención y mantenimiento, los participantes realizaron la actividad con diferentes apoyos: verbales, los vídeos del teléfono y sin ayuda, respectivamente.

De los datos extraídos durante las sesiones, se concluyó que el uso de los dispositivos

móviles como herramientas de auto-instrucción era apropiado para algunos casos de diversidad funcional intelectual, promoviendo la independencia y el aprendizaje autónomo de estas personas. Sin embargo, el estudio presenta una limitación fundamental, que es el número de usuarios y las posibles variaciones entre sujetos.

***iPod Touch* como soporte en el trabajo**

En [63] se evaluó el uso de PDAs como herramientas de soporte para personas con diversidad funcional intelectual en el entorno laboral. En concreto, se plantea el uso del *iPod Touch* de Apple, junto con una serie de aplicaciones disponibles en el *AppStore* para asistir a usuarios con necesidades especiales a la hora de realizar ciertas actividades en su trabajo.

Así, se presentan tres casos de estudio con tres usuarios diferentes, pero con un marco común: los tres participantes eran personas con autismo y utilizaron un *iPod Touch* cargado con aplicaciones comerciales como soporte en su trabajo. En concreto, se utilizaron aplicaciones para establecer recordatorios de tareas, listas de tareas, guiado paso a paso para la realización de tareas (mediante vídeos), autogestión del comportamiento y herramientas de guiado en desplazamientos.

El proceso de evaluación llevó un total de 10 semanas, en las que el usuario recibió apoyo por diferentes vías: durante las dos primeras semanas, el apoyo y supervisión lo daba su preparador laboral; en las dos siguientes semanas (3 y 4), recibieron entrenamiento en el manejo del *iPod*; las semanas 5 a 8 los participantes usaron los *iPods* como apoyo; finalmente, durante las dos últimas semanas no tuvieron ningún tipo de apoyo.

Durante estas semanas se midió el tiempo de trabajo del usuario, el tiempo de supervisión directa por parte de los preparadores laborales y el tiempo de supervisión indirecta. En general, conforme avanzaban las sesiones, y gracias al apoyo del *iPod*, el tiempo empleado por el preparador laboral se redujo drásticamente en los tres casos, demostrando la hipótesis de la validez de este tipo de herramientas como soporte para la integración laboral.

3.3. Sistemas de guiado en desplazamientos

Dentro de los sistemas de guiado en los desplazamientos, se ha de distinguir entre espacios interiores y exteriores. A pesar de compartir el objetivo común de informar al usuario de cómo ir del punto en el que se encuentra al destino que solicita, los recursos tecnológicos disponibles para facilitar la navegación hacen que el problema

se deba abordar de diferente manera para cada caso. Sin embargo, existen algunas características comunes:

De acuerdo con Fallah *et al.* [64], los sistemas de navegación se pueden dividir en cuatro etapas: localización del usuario, planificación de la ruta, representación del entorno e interacción con el usuario. Esta misma estructura se puede aplicar a sistemas para entornos exteriores. Lo que varía son las técnicas empleadas en cada una de las etapas.

Por otro lado, el comportamiento humano en lo respectivo a la navegación (en interiores) es el mismo independientemente del tipo de entorno [65]: se requiere movilidad (desplazamiento) y orientación. Estos requisitos ya se incluyeron dentro del término *wayfinding*, acuñado por Lynch en 1960 [66], que engloba los elementos del entorno que permiten la navegación por espacios complejos (como ciudades). Es decir, establece los requisitos que hacen efectiva la navegación:

- Orientación: conocer dónde me encuentro.
- Cálculo de la ruta: ser capaz de encontrar la ruta al destino.
- Mapas mentales: de acuerdo a mis experiencias previas, ser capaz de predecir donde debo ir.
- Conclusión: ser capaz de reconocer que he llegado al lugar correcto.

En base a este concepto han surgido más estudios, como el ensayo de Montello y Sas [67], en el que se habla de los factores humanos que afectan al *wayfinding* y, por lo tanto, a la navegación. De cara a hacer efectiva la navegación, y de acuerdo a los requisitos del *wayfinding*, los autores establecen que la navegación se debe componer de una serie de movimientos por el entorno coordinados y orientados a un objetivo y, para ello, la orientación es fundamental. Para mantenernos orientados, los seres humanos contamos con dos procesos que se complementan: reconocimiento de puntos de referencia y la integración de la ruta o “*dead-reckoning*”. Estos dos métodos nos permiten, desde un punto, estimar la distancia que nos queda por recorrer hasta el siguiente mientras nos desplazamos. La integración de la ruta se basa en la propiocepción [68] para estimar nuestra posición a partir de un punto inicial conocido. Generalmente, y de forma casi inconsciente, aplicamos esta técnica cuando exploramos entornos desconocidos. Sin embargo, en algunas ocasiones, la estimación no es del todo precisa y nos puede inducir a error [69]. La otra técnica es la navegación basada en puntos de referencia. Mediante la identificación de puntos de referencia, conseguimos conocer nuestra posición. Así, podemos construir un mapa mental del espacio en el que nos encontramos y calcular nuestra posición.

3.3.1. Navegación en entornos exteriores

La navegación en entornos exteriores resulta sencilla de implementar gracias al GPS. Así, la localización del usuario resulta inmediata y, en condiciones óptimas, la precisión (de unos 5 a 10m) resulta más que suficiente para realizar el guiado correctamente. Además, esta localización se puede ver complementada con medidas de señal de potencia de telefonía móvil, modelos de usuario, patrones de movimiento o integración con otro tipo de sensores. Por ejemplo, en [70] se propone utilizar adicionalmente la información de la red *WiFi/Bluetooth* capturada por el teléfono para estimar la posición y movimiento.

A la hora de realizar el guiado, también se cuenta con diversos servicios de mapas y motores de cálculo de rutas. Así, una vez se ha localizado al usuario y se conoce el destino, guiarle puede ser una tarea más o menos sencilla. Sin embargo, como se ha reportado en diversos estudios [71][72], las personas con diversidad funcional intelectual no suelen realizar desplazamientos de forma autónoma. Este hecho viene motivado principalmente por la limitación en las capacidades cognitivas y, muy frecuentemente, por la desconfianza o cautela de los familiares frente a posibles riesgos (perderse, distracciones, etc.). Por lo tanto, a la hora de asistir a personas con diversidad funcional intelectual se deben considerar una serie de necesidades especiales y requisitos, lo que obliga a realizar desarrollos específicos. A continuación, se describen una serie de proyectos de relevancia en el área, en los que se analizan las diferentes necesidades y problemas encontrados.

Assistive Navigation System

Como se ha dicho anteriormente, el guiado de personas con diversidad funcional intelectual ofrece una serie de retos que se pueden abordar de diferente forma. Así, en [73], se presentó una aproximación para el guiado que, en lugar de basarse en cálculos de ruta tradicionales (generalmente se ofrece la ruta más corta), se basa en una métrica que considera los puntos conocidos del usuario. Así, a la hora de calcular la ruta entre dos puntos, se examinan los puntos intermedios conocidos (por ser de interés para el usuario o por haber estado antes) y se calcula la ruta más adecuada. De esta forma, la ruta no tiene por qué ser la más corta en distancia, ya que puede resultar más beneficioso que el usuario camine un poco más, pero conozca partes de la ruta por estar cerca de puntos frecuentados.

Por otro lado, el modo de presentación de las instrucciones difiere un poco de lo habitual. En lugar de utilizar el clásico mapa con la ruta destacada, se hizo uso de realidad aumentada para mostrar la dirección a seguir, superpuesta sobre la imagen real capturada por la cámara. Finalmente, el sistema ofrece unas ciertas herramientas clasificadas como sociales, que permiten a familiares o cuidadores monitorizar al

usuario, su localización y situación, y gestionar una agenda de desplazamientos.

La evaluación del sistema incluyó la participación de 10 usuarios de diversa edad (de adolescentes a ancianos) y diferentes necesidades. El proceso se dividió en dos partes: por un lado, se realizaron una serie de pruebas para valorar la eficiencia y eficacia del sistema. Por otro lado, se evaluó la usabilidad del sistema y se comparó con el uso de un sistema de navegación GPS comercial. En general, los usuarios prefirieron el sistema propuesto frente al comercial, si bien se detectaron una serie de problemas, como el uso de términos confusos.

OurWay

OurWay es una herramienta de navegación móvil para peatones que hace uso de la colaboración social para optimizar el cálculo de rutas [74]. Es decir, gracias a las anotaciones que pueden hacer los usuarios sobre algunos tramos o zonas de las rutas, el sistema altera la ruta calculada (por defecto) para adaptarla a las necesidades del usuario. Generalmente, estas anotaciones aportan información sobre la accesibilidad de las calles (bordillos, obras, estado del pavimento, etc.) de forma que, principalmente, las rutas se adaptan para ofrecer el camino más accesible. Esto resulta particularmente útil para personas con movilidad reducida, ya sea permanente o temporal.

A modo de prueba de concepto, se realizaron una serie de pruebas tanto de campo como simulaciones para estimar la calidad de las rutas, así como el volumen de anotaciones necesarias. Si bien no existe una valoración cuantitativa, el sistema promete ser útil y no requerir un número demasiado grande de anotaciones. Además, de las pruebas surgieron preguntas que abren nuevas posibilidades de investigación como son la responsabilidad social de las anotaciones y la valoración de la usabilidad del sistema.

WSI-GO

“*Where Should I Go?*” (¿Dónde debo ir?, WSI-GO) es una aplicación diseñada para PDAs para ayudar a personas con diversidad funcional intelectual en sus desplazamientos a pie [75]. Esta asistencia se basa en la localización del usuario mediante el GPS del dispositivo y, en base al espacio que se ha modelado previamente, se facilitan instrucciones para guiarle hasta el destino. Estas instrucciones se pueden dar en dos modalidades: de forma visual, mediante fotografías a pie de calle con flechas superpuestas indicando la dirección; o mediante instrucciones por voz.

La aplicación fue probada por 20 usuarios con diversidad funcional intelectual pertenecientes a un grupo de educación especial universitario. Para ello, se les propuso realizar dos recorridos asistidos por WSI-GO, uno por cada una de las dos modali-

des. Así, partiendo de un punto inicial conocido, la aplicación les guiaba hasta llegar a un destino pasando por diferentes puntos intermedios. Durante los recorridos, un asistente acompañó a los usuarios para, por un lado, tomar notas y observar el comportamiento de los mismos y, por otro lado, intervenir en caso de situación de riesgo o bloqueo.

De los resultados obtenidos, se concluyó que, en general, el sistema era capaz de guiar a los usuarios (en 38 de los 40 recorridos el usuario llegó al destino). Además, el sistema visual resultó ser significativamente mejor, en términos de velocidad y número de errores, y, además, fue el preferido por los usuarios. De forma adicional, se detectaron una serie de problemas que se pueden prever para futuros desarrollos, como son la confusión entre derecha e izquierda o problemas a la hora de identificar puntos de referencia por diferencias entre la imagen mostrada y la situación real del entorno.

Automated Wayfinding System

A la hora de diseñar e implementar un sistema de navegación, como se ha dicho anteriormente, hay que diferenciar varias etapas: la localización del usuario, el cálculo de la ruta, representación del entorno e interacción con el usuario. En [76] se abordaron tanto la representación del entorno como la interacción con el usuario. Como ya se ha visto, existen diferentes mecanismos para ambas etapas: mapas, instrucciones textuales, imágenes representativas, puntos de referencia, etc., para la representación del entorno y mapas virtuales, realidad aumentada/virtual, instrucciones orales, superposición de flechas sobre fotografías, etc., para la interacción con el usuario.

El sistema propuesto genera instrucciones de dos tipos: basadas en puntos de referencia y basadas en giros. Las primeras dirigen al usuario a un punto de referencia (mostrado en una fotografía), mientras que las segundas definen una acción por medio de una instrucción textual y un icono representativo.

Dado el carácter novedoso del trabajo, se realizó un estudio con usuarios para validar el modelo propuesto. Así, 7 personas con diversidad funcional intelectual participaron en el estudio, donde realizaron 2 rutas cada uno. Del análisis de los datos, se concluyó que el sistema funciona correctamente, pero presenta algunas limitaciones. La más importante es, en el caso de mostrar fotografías, la necesidad de facilitar la información de maneras alternativas, ya que las personas con limitaciones en la visión pueden tener problemas para identificar el punto de referencia.

GPS-Enhanced Voice Guidance

Cuando se diseñan sistemas para asistir a personas con diversidad funcional, el formato en el que se dan las instrucciones es clave para facilitar la navegación. Por ello, en [77] se diseñó un sistema que facilitaba estas instrucciones mediante voz únicamente. Sin embargo el tipo de instrucción a comparar era diferente, ya que se emplearon dos mecanismos para generarlas: por un lado, se generaron instrucciones basadas en unidades métricas (camina durante x metros/minutos) y, por otro lado, se generaron otras basadas en el uso de puntos de referencia.

En el estudio participaron 20 personas sin ningún tipo de diversidad funcional y sin conocimiento del entorno en el que se iban a realizar las dos posibles rutas. De los datos experimentales recogidos y las entrevistas post-test que se realizaron, se concluyó que ambos métodos (basado en unidades métricas y basado en puntos de referencia) funcionaron. Sin embargo, se detectó que la precisión a la hora de dar la instrucción es clave, ya que al no tener un apoyo visual (como un mapa), la orden se debe dar en el momento y lugar preciso para evitar desvíos. Además, los conceptos empleados debían estar muy claros, para evitar posibles errores. Por lo tanto, la efectividad del sistema queda limitada por la precisión del mecanismo de localización que se utilice.

TAD

“Travel Assistance Device” (Dispositivo de asistencia en viaje, TAD), es un servicio de asistencia para personas con necesidades especiales en sus trayectos en transporte público [78]. La aplicación permite que un cuidador programe de antemano las acciones a realizar mientras se usa el transporte público y se alerte al usuario en el momento oportuno, a través de su teléfono móvil. Además, el sistema permite realizar un seguimiento de la ruta, de forma que los cuidadores pueden estar al corriente de dónde se encuentran sus usuarios y cómo están realizando la tarea.

En el diseño y desarrollo del sistema se consideraron diferentes requisitos, como la necesidad de hacerlo económicamente accesible, que funcionase para la mayoría de personas y que fuese fácilmente ampliable y fiable. Para ello, el sistema se compuso de dos partes: la aplicación móvil que se instala en el teléfono del usuario y es responsable de alertar y dar las instrucciones oportunas; y un portal web donde el cuidador puede realizar la gestión de usuarios y rutas y visualizar en tiempo real las acciones de los usuarios.

El sistema fue evaluado en dos etapas: en la primera etapa, los participantes no tenían necesidades especiales (si bien algunos de los ellos eran expertos en la educación especial). En total se realizaron 50 rutas en autobús, y se midió la precisión de una de las instrucciones (“pulsa el botón de parada”). Posteriormente, se realizaron 12 rutas

con usuarios con necesidades especiales, para evaluar los posibles problemas en cuanto a interacción e interfaz. Del total de pruebas, se concluye que el sistema funciona, si bien se requiere un cierto nivel de precisión espacial a la hora de modelar las paradas de los medios de transporte y los lugares donde se debe alertar al usuario, así como los métodos utilizados, ya que en entornos ruidosos las alertas auditivas pueden no ser eficaces.

3.3.2. Navegación en entornos interiores

Como se ha dicho anteriormente, la navegación en entornos interiores difiere de la de exteriores principalmente por la tecnología disponible para localizar al usuario. Para entornos exteriores se utiliza principalmente el GPS. Sin embargo, esta técnica no funciona en entornos interiores. Por lo tanto, se plantean otra serie de aproximaciones para localizar al usuario de forma efectiva:

- **Navegación estimada** (“*Dead-Reckoning*”): a partir de un punto inicial conocido, y gracias al empleo de diferentes medidas y sensores (podómetros, acelerómetros, brújulas, etc.), se estima la nueva localización del usuario. Este sistema presenta dos grandes problemas: por un lado, se ha de localizar al usuario inicialmente utilizando otras técnicas y, por otro lado, la precisión es muy baja, ya que los errores son acumulativos.
- **Detección directa**: en esta técnica se emplean etiquetas para la localización. Para ello, una vez el usuario detecta una de ellas, el sistema es capaz de localizarle. Las etiquetas pueden clasificarse en cinco grupos: RFID, infrarrojas, por ultrasonido, balizas *bluetooth* y etiquetas visuales.
- **Triangularización**: en este caso, la posición del usuario se calcula a partir de la triangularización de diferentes medidas (por ejemplo, de la potencia recibida de diferentes antenas de telefonía móvil). Dentro de los sistemas que hacen uso de triangularización, el más común es el GPS que, gracias a la medida de la señal recibida de diferentes satélites, es capaz de localizar al individuo con una precisión bastante aceptable.
- **Reconocimiento de patrones**: aquí se incluyen todos los sistemas capaces de calcular la localización gracias a la captura y proceso de señales del entorno y la comparación con mapas previamente creados. Por ejemplo, dentro del reconocimiento de patrones se incluye la visión artificial (identificación automática de objetos en imágenes capturadas por cámaras digitales) y los sistemas basados en distribución de señales o *fingerprint*. En este caso, a partir de la medida de diversos sensores (como el magnetómetro o la señal de la red WiFi) se puede localizar al usuario. El principal problema de estos métodos es la falta de precisión debido

a cambios en las condiciones (por ejemplo, en zonas donde haya generadores, la medida del magnetómetro puede variar)

A continuación se describen una selección de trabajos que hacen uso de alguna de las técnicas de localización para guiar en la navegación de entornos interiores. Como se verá, muchos de estos estudios se centran en la asistencia de personas con diversidad funcional visual, ya que constituyen una población de particular interés dadas sus necesidades y el potencial uso que le podrían dar a estas herramientas, si bien muchas de las ideas y soluciones propuestas pueden ser útiles para otros colectivos con diversidad funcional.

Pedestrian Dead Reckoning

Este sistema hace uso de un sensor inercial inalámbrico que, junto con el teléfono móvil del usuario, es capaz de estimar la localización en un entorno interior, así como seguirle en su recorrido [79]. Gracias al uso de sensores adicionales (brújula, giroscopio y acelerómetro) y a la comparación con rutas prefijadas, el sistema es capaz de estimar la dirección exacta y así superar uno de los mayores problemas de este tipo de sistemas: la acumulación del error. Por lo tanto, el sistema requiere de un trabajo previo, que es la creación de los mapas y las posibles rutas y de una pequeña calibración para ajustar las medidas del sensor.

El sistema fue probado por 16 usuarios: 8 eran ciegos o con baja visión y otros 8 no tenían ninguna diversidad funcional visual, por lo que actuaron como grupo de control. El entorno de pruebas fue un centro comercial y el objetivo era, partiendo de un punto preestablecido (de cuatro posibles), llegar a una tienda y entrada concreta con la ayuda del sistema. Se establecieron dos modos de asistencia: uno de ayuda continua en tiempo real (“*system aided*”), en el que el sistema decía la tienda por la que se estaba pasando, información sobre los pasos y la distancia recorrida, alertas sobre obstáculos (salientes) y acciones que hacer en los puntos de decisión (giros). Y un segundo modo (“*unaided memory*”) en el que se daban todas las instrucciones al inicio de la ruta y el usuario debía recordarlas. Durante todas las rutas, dadas las necesidades especiales de algunos de los participantes, un investigador acompañaba a los usuarios a modo de espectador, pero pudiendo ayudarles en casos críticos.

De los datos recolectados, se concluyó que el modo de ayuda continua (“*system aided*”) aporta una ayuda significativa a usuarios con diversidad funcional visual, ya que 6 de los 8 participantes llegaron correctamente al destino, mientras que en el modo “*unaided memory*” tan sólo llegaron dos usuarios. Además, el tiempo medio empleado también fue significativamente menor. Finalmente, con respecto a las diferencias entre los modos de funcionamiento, se redujo el número de intervenciones de ayuda (de 26 en el modo “*unaided memory*” a sólo 4 en el modo “*system aided*”). Por otro lado, gracias

al grupo de control se pudieron comparar los resultados con usuarios sin diversidad funcional visual. Del estudio se concluye que el desempeño fue parecido entre ambos grupos (con y sin diversidad funcional).

U-Service DOG

“*Ubiquitous Service for Direction Guide*” (Servicio de indicaciones ubicuo, U-Service DOG) [80] es un prototipo de asistencia a personas con diversidad funcional intelectual en sus desplazamientos en entornos interiores. Para ello, hace uso de PDAs y etiquetas RFIDs. Las PDAs se emplean como dispositivos de interacción con el usuario, donde se muestran las indicaciones, imágenes, etc. Las etiquetas RFID se encuentran distribuidas por el entorno y, una vez escaneadas con la PDA, sirven como mecanismo de localización directa del usuario. El guiado se basa en el recorrido del grafo compuesto por las etiquetas (que serían los nodos) y las aristas (el camino que las une). Así, el usuario recibe en cada punto una instrucción a seguir y una fotografía que muestra la posición de la siguiente etiqueta. De forma adicional, y para facilitar la localización de las etiquetas, cada una contó con un LED intermitente.

La evaluación del sistema se dividió en tres etapas: unas primeras pruebas de campo, una serie de experimentos de control y un estudio comparativo. Durante todo el proceso de evaluación participaron hasta 6 usuarios con diversidad funcional intelectual sin experiencia en el uso de PDAs.

En las pruebas iniciales, cada uno de los 6 participantes realizó 5 rutas diferentes utilizando el sistema. Del total de 30 sesiones, en 15 ocasiones los usuarios llegaron al destino sin equivocarse, en 13 se equivocaron en algún punto pero consiguieron llegar y tan sólo en 2 de ellas no llegaron. Tras probar el correcto funcionamiento del sistema, se realizaron una serie de experimentos de control, donde cada usuario realizó la ruta que les resultó más cómoda (de las 5 de las pruebas iniciales), si bien no contaron con el soporte de la PDA. En su lugar, los usuarios dispusieron de mapas en papel. En este caso, sólo 2 de los 6 usuarios llegaron al destino. Finalmente, se llevó a cabo un estudio comparativo con 2 usuarios. Este estudio se dividió en tres semanas, cada una con diferentes tipo de soporte: mapas de las rutas, indicaciones enviadas por parte de los investigadores a la PDA del usuario y, en la última semana, sin ayuda. Para cada sesión, se midieron el número de éxitos (llegadas al destino) por cada usuario y ruta.

De los resultados obtenidos, se concluyó que existía evidencia estadística que soportaba tanto la mejora en el número de éxitos entre las sesiones con mapas y las sesiones con indicaciones enviadas, como entre las sesiones con mapas y la navegación sin ayuda. Así, quedó demostrada la efectividad del sistema propuesto como mecanismo de guiado.

WADER

“Wayfinding system with deviation recovery” (Sistema de navegación con recuperación frente a desviaciones, WADER) es un sistema de guiado en entornos interiores basado en etiquetas visuales (QR Codes⁴) y PDAs diseñado especialmente para asistir a personas con diversidad funcional intelectual [81].

El funcionamiento se basa en la distribución de marcas visuales que, una vez escaneadas con la PDA, permiten cargar en el navegador web del terminal las instrucciones oportunas para llegar a su destino. El sistema contaba con un mecanismo de supervisión directa por el que un cuidador podía localizar y analizar el desempeño del usuario. Finalmente, mediante estimaciones temporales, el sistema era capaz de emitir alertas si el usuario no había llegado a la siguiente etiqueta en el tiempo que estaba programado.

En las pruebas iniciales participaron 12 usuarios, de los cuales algunos conocían el entorno de pruebas y otros no. Los resultados demuestran el correcto funcionamiento del sistema (todos los usuarios llegaron al destino), si bien la mitad de ellos omitieron alguna de las marcas intermedias.

Sistema de guiado mediante balizas infrarrojas

Otra aproximación para la localización de usuarios mediante detección directa es el uso de balizas infrarrojas. Así, se desarrolló un sistema de localización y guiado omnipresente basado en estas balizas y sensores para asistir a personas con diversidad funcional visual [82]. El sistema requiere de la instalación de balizas en las paredes, separadas una cierta distancia. Estos dispositivos, emiten luz infrarroja que capta un dispositivo que lleva el usuario encima. De esta forma, resulta muy sencillo detectar su localización. Además, gracias al empleo de sensores avanzados, el sistema puede ajustar la localización. Finalmente, el teléfono móvil del usuario actúa como dispositivo de interacción y comunicación.

El sistema fue desplegado en un edificio de una universidad y evaluado por 10 usuarios con diversidad funcional visual. Las sesiones se dividieron en tres etapas: obtención de datos de referencia, toma de contacto con el sistema y test con el sistema. En la primera etapa, los usuarios realizaron una ruta y, de forma verbal, recibieron las instrucciones necesarias para llegar al destino. Tras esto, los usuarios recibieron una sesión para tomar contacto con el sistema (colocarse el dispositivo-sensor, abrir y manejar la aplicación del teléfono, etc.). En la prueba con el sistema, tuvieron que seguir la misma ruta que en la primera sesión, sólo que esta vez sí dispusieron del sistema.

⁴QR Code es una marca registrada propiedad de DENSO WAVE INCORPORATED.

De los datos recogidos durante las diferentes sesiones, se concluye que el sistema funciona: todos los usuarios llegaron al destino y, para ello, necesitaron menos tiempo que en la primera sesión. No se detectaron grandes desviaciones de la ruta original (mayores de 6 m.). Y, además, el número de solicitudes de ayuda también se vio reducido. Por el contrario, se detectaron una serie de limitaciones que pueden afectar al buen funcionamiento del sistema, como son la necesidad de manejar un teléfono móvil al que, a lo mejor, no están acostumbrados y la necesidad de visión directa entre el dispositivo que lleva el usuario y la baliza (esto puede ser un problema, por ejemplo, en entornos con muchas personas).

Sistema de navegación basado en medidas de potencia de señales *WiFi*

Dentro de los sistemas que utilizan la triangulación de señales para la localización de usuarios, [83] emplea medidas de potencia de señales dentro de redes WLAN. Para ello, una vez se conoce la localización de los diferentes puntos de acceso de la red (APs), se puede medir la potencia recibida de cada uno de ellos, calcular la posición del usuario y seguirlo durante su desplazamiento. Para ello, se emplean “*Compressive Sensing-based positioning schemes*” y filtros de Kalman adaptativos.

Además, se desarrolló una herramienta para PDA para localizar y guiar a usuarios con diversidad funcional visual. Esta herramienta mostraba el mapa de la ruta a seguir y decía la instrucción a realizar en el momento necesario. De cara a probar la validez del sistema, 30 usuarios con diversidad funcional visual (de diferente naturaleza y severidad) participaron en un proceso de evaluación. Para ello, se separaron en dos grupos de 15 (uno de test y otro de control) y cada usuario realizó 3 rutas diferentes. El grupo de control no disponía de ningún tipo de soporte, salvo la indicación de las instrucciones a seguir al comienzo de la ruta y, si lo necesitaba en algún momento, la asistencia de una persona. Por el contrario, el grupo de test dispuso de la herramienta en una PDA.

Los resultados de las pruebas fueron muy satisfactorios ya que 12 de los 15 usuarios del grupo de test llegaron al destino, mientras tan sólo 4 de los integrantes del grupo de control lo hicieron. Sin embargo, los participantes del grupo de control emplearon menos tiempo. Este hecho vino motivado por las restricciones computacionales del dispositivo, que no permitieron generar las instrucciones al ritmo necesario.

Sistema de navegación basado en visión

El reconocimiento de patrones, y en particular la identificación de elementos visuales, permite localizar a los usuarios sin la necesidad de desplegar ningún tipo de infraestructura, por lo tanto los costes de despliegue son bajos. Esto motivó el desa-

rollo de un sistema móvil de navegación cuya localización se basaba en visión y la interfaz de usuario hacía uso de realidad aumentada/virtual (AR/VR) para guiar al usuario en sus desplazamientos en entornos interiores [84].

La evaluación se dividió en varias etapas. Primeramente, se realizó una prueba de concepto con 81 usuarios. De los resultados obtenidos, se valoraron factores como la precisión percibida usando cada una de estas interfaces o la identificación de qué tipo de elementos podrían ser potencialmente útiles para su identificación. Posteriormente, el sistema se evaluó con 12 usuarios en un entorno real [85]. De esta segunda evaluación se concluyó que la interfaz basada en VR es más adecuada que la basada en AR. A pesar de la falta de fiabilidad y precisión, los usuarios del estudio llegaron al destino y, además, tardaron significativamente menos tiempo. Sin embargo, una combinación de ambas técnicas puede mejorar el rendimiento en lo que a recuperación frente a errores/pérdidas se refiere. Así, se propone este mecanismo de localización basado en visión como una tendencia a futuro, a pesar de sus limitaciones.

3.3.3. Navegación en todo tipo de entornos

Bajo ciertas circunstancias, puede resultar necesario que el sistema de navegación funcione en todo tipo de entornos, tanto interiores como exteriores. Así, han surgido una serie de estudios y aproximaciones que pretenden ofrecer asistencia global en cualquier tipo de desplazamiento. Para ello, como se verá más adelante, se hace uso de sensores y técnicas propias de los dos entornos.

PLASYS

Como se ha visto anteriormente, el GPS es un mecanismo sencillo, barato y relativamente preciso para localizar al usuario en entornos abiertos. Sin embargo, en entornos interiores no funciona. Así, se han planteado diferentes mecanismos adicionales (balizas, triangularización de señales, reconocimiento de patrones, etc.) que, si bien son alternativas factibles, requieren de infraestructuras adicionales. Este hecho motivó el proyecto “*PLASYS – All Over the Place Location System*” (Sistema de localización en todos los lados) que, gracias al empleo del GPS y de sensores adicionales para cubrir esa falta de señal en algunos entornos, pretende proveer localización en todo tipo de entornos [86].

Para ello, se cuenta con una PDA equipada con GPS conectada de forma inalámbrica con diferentes sensores que se llevan en la cintura y tobillos (presión, giroscopio y acelerómetros). La información recopilada se procesa con algoritmos de aprendizaje probabilístico con el objetivo de ofrecer una precisión del 90 al 95 %, reducir el error acumulado y no producir un fuerte impacto en el día a día de la persona, es decir, no

ser intrusivo.

Si bien el sistema no se ha probado de forma empírica, sí se han encontrado áreas en las que resultarían de especial interés este tipo de sistemas, como son el turismo y la asistencia a personas con diversidad funcional en entornos amplios, que se compongan de varios edificios (como un campus universitario).

uNavi

uNavi plantea una forma diferente para almacenar y gestionar la información necesaria para asistir a los usuarios en sus desplazamientos. Para ello, hace uso de unidades funcionales (“*places*”) en lugar de los típicos sistemas de coordenadas. Así, plantea un sistema capaz de guiar al usuario a través de sus lugares de interés, asociando servicios de interés a espacios reales [87], en entornos tanto interiores como exteriores. Es decir, plantea un nivel de abstracción mayor, pero que puede ser suficientemente preciso. Para ello, se requiere de una infraestructura ubicua que permite conocer en qué *place* se encuentra el usuario. En concreto, se hace uso del GPS en combinación con otros elementos (etiquetas RFID y balizas infrarrojas).

El sistema se evaluó a gran escala: se modelaron más de 75.000 m^2 entre espacios interiores y exteriores y se definieron aproximadamente 150 *places*. Durante las pruebas, un usuario modelo recorrió una serie de *places* y se midió el rendimiento del sistema. En general, tanto la precisión como el tiempo de respuesta del sistema fueron lo suficientemente buenos como para validar el prototipo y plantear su uso como herramienta para el guiado de personas ciegas.

GAT

La plataforma GAT permite gestionar contenidos y generar aplicaciones sensibles al contexto/localización del usuario [88]. Si bien la plataforma está orientada al turismo, se puede adaptar para proveer servicios basados en localización a personas con diversidad funcional visual [89]. De nuevo, la plataforma implementa métodos para localizar, guiar e interactuar con el usuario, de forma que el servicio programado se ofrezca en las condiciones adecuadas. Además, la plataforma es compatible con entornos interiores y exteriores, para lo que hace uso de múltiples técnicas de localización (GPS, triangulación de señales de telefonía móvil, balizas y etiquetas).

En la evaluación participaron 18 personas con diversidad funcional visual y cada una de ellas realizó varias rutas empleando diferentes dispositivos y modos de *feedback*. Para facilitar la interacción con el dispositivo, también se incluyó un lanzador de la aplicación adaptado a sus necesidades visuales. Durante las sesiones, no se observaron

grandes diferencias entre los modos, ya que todos los usuarios llegaron al destino. Sin embargo, los participantes sí mostraron una cierta preferencia hacia el modo que combinaba el *feedback* auditivo y por vibración. Así, el sistema GAT se plantea como una opción muy interesante para personas con diversidad funcional visual.

3.4. Conclusiones

En este capítulo se ha hecho un repaso al estado del arte actual de las áreas relacionadas con la tesis. En concreto, tras introducir diferentes clasificaciones y estándares de las tecnologías para la asistencia y, dado el ámbito de interés del trabajo, se ha propuesto una clasificación alternativa y compacta. Ésta se basa en el tipo de actividad en el que se da soporte, el contexto y la tecnología. Así, los proyectos se han dividido en sistemas de asistencia para la realización de tareas de la vida diaria y sistemas de asistencia en los desplazamientos. Como se ha visto, estas dos categorías forman dos de los pilares fundamentales a la hora de conseguir autonomía y participación social.

Por un lado, dentro de los trabajos relacionados con la asistencia en tareas de la vida diaria, se han distinguido tres posibles contextos: la vida doméstica, la educación y el empleo. Si bien todos los proyectos cumplen con el objetivo de asistir a la persona en la realización de tareas, las soluciones son muy variadas: desde dispositivos móviles que muestran vídeos hasta entornos inteligentes dotados de sensores y sistemas expertos para la identificación de actividades. En este mismo sentido, la interacción con el usuario es muy diversa: pantallas táctiles, vídeos, instrucciones orales, realidad aumentada/virtual o señales luminosas/auditivas.

En particular, los trabajos presentados para la asistencia en entornos domésticos parecen ser los más adecuados para desplegar tecnologías más complejas, ya que se trata de instalaciones en las que el usuario podría invertir una cantidad de dinero y obtener un nivel de autonomía mayor, gracias a poder vivir de forma independiente. En general, gran parte de la investigación llevada a cabo en el área se centra en la identificación de tareas/actividades para, de forma automática, proporcionar la asistencia adecuada. Sin embargo, trabajos como MAPS obligan al usuario a concentrarse más en la tarea y asegurarse que han terminado los pasos antes de continuar. Esta aproximación parece muy interesante desde el punto de vista del entrenamiento. En algunos trabajos como [90] o [91], se hace destacar la importancia de la dualidad asistencia – entrenamiento. Es decir, no sólo se trata de asistir al usuario para que haga la tarea, sino que, en la medida de lo posible, se evalúe su avance y se tomen decisiones (como retirar parte de la ayuda) de forma que el usuario sea realmente más autónomo.

En el entorno educativo los dispositivos móviles (tanto teléfonos como tabletas) parecen encajar a la perfección. Ofrecen acceso a contenido multimedia y su manejo es muy directo y natural. En los dispositivos actuales no hace falta ningún tipo de puntero

o *stylus* para interactuar con la pantalla, lo que es una ventaja ya que algunos usuarios presentan dificultades motoras y de coordinación (por apraxia o falta de tono muscular, coordinación o control de las extremidades), lo que les impide manejar correctamente este tipo de objetos.

Como dijo Steve Jobs en la presentación del *iPhone* de primera generación en la conferencia *MacWorld* de 2007⁵ ” *Who wants a stylus? Nobody wants a stylus. So, let’s not use a stylus. We are going to use the best pointing device in the world. We are all born with it. It’s our fingers!*”. Es decir, el manejo del dispositivo con los dedos y, además, con más de uno a la vez, revolucionó la interacción con estos dispositivos. Se propuso como un método más natural, sencillo e intuitivo, semejante a como interactuamos con otros elementos de nuestro día a día. Sin embargo, a pesar de la naturalidad de la interfaz y las posibilidades multitáctiles y multimodales que ofrecen estos dispositivos (imágenes, textos, vídeos, voz), en los trabajos estudiados se detectaron una serie de problemas a la hora de utilizarlos, como son la dificultad para escoger la aplicación más apropiada, debido a la gran cantidad de aplicaciones disponibles que hay; y la dificultad para, una vez seleccionada, configurarla de acuerdo a las necesidades y preferencias del usuario. A pesar de las dificultades, este tipo de dispositivos ofrecen dos ventajas sobre otras soluciones: por un lado, los usuarios se encuentran muy familiarizados con estos, dada la alta penetración que tienen en la sociedad; y por otro lado, ofrecen una componente relacionada con la motivación muy fuerte. En general, los usuarios reportaron sentirse muy cómodos manejando las diferentes aplicaciones e, incluso, lo encontraron divertido. Este factor se debe tener muy en cuenta, ya que uno de los principales problemas que presentan las tecnologías para la asistencia es el alto índice de abandono [92, 93, 94].

Finalmente, el contexto del entorno laboral resulta particularmente interesante. Como se dijo anteriormente, la plena autonomía personal (de personas con diversidad funcional intelectual) pasa por su inserción laboral [36]. Sin embargo, en este contexto existe un problema que limita esta inserción y es el coste económico asociado. Hasta llegar a realizar un trabajo de forma autónoma, la persona ha necesitado una formación previa en centros de educación especial, ocupacionales o especiales de empleo y, además, una vez se produce la inserción en la empresa, se requiere de un formador o preparador laboral que le instruya en las tareas concretas a realizar. Además, generalmente, se requiere un cierto grado de supervisión después de la formación inicial en el entorno, lo que acaba suponiendo unos costes que, en muchas ocasiones, las empresas no están dispuestas a asumir.

Así, una parte de los trabajos estudiados se centran en asistir al usuario a la hora de realizar la tarea pero, además, ofrecen herramientas para que los responsables de los empleados puedan analizar el desempeño en diferido, sin tener que estar delante del usuario mientras realiza la tarea. Esto supone dos ventajas: por un lado, se elimina el modelo uno a uno (un formador por cada usuario), es decir, se libera al preparador

⁵Visto *online*: <https://www.youtube.com/watch?v=4YY3MSaUqMg> (último acceso: enero 2015)

laboral de forma que podría prestar atención a otros usuarios que lo necesiten. Por otro lado, se pueden analizar diferentes parámetros para evaluar el avance del usuario de forma automática. Hasta ahora, el avance del usuario se basaba en las observaciones de los cuidadores. Con estas herramientas, dotándolas de la inteligencia necesaria, se podría valorar el rendimiento del usuario de forma automática.

De los trabajos presentados, tanto *ARCoach* como *Kinempt* requieren de una infraestructura adicional para el entrenamiento. Aunque esto pueda suponer un gasto y un espacio adicional, puede resultar una inversión interesante ya que permite generar un entorno de entrenamiento muy semejante al real en el que el usuario pueda trabajar las destrezas necesarias para el correcto desempeño de su futuro trabajo de forma autónoma. Por otro lado, con respecto al uso de dispositivos móviles, los estudios presentados demuestran que, tanto una aplicación de guiado mediante vídeos como diferentes herramientas comerciales, facilitan la inserción reduciendo los recursos requeridos. Sin embargo, en ambos sistemas, ya que no identifican y comprueban de forma automática los pasos que se van realizando, se pueden dar problemas de sincronización temporal y corrección.

Con respecto a los sistemas de guiado en desplazamientos, se ha hecho una revisión diferenciando entre trabajos centrados en la navegación en entornos exteriores, interiores o mixtos. Si bien el problema de navegación es el mismo en los diferentes tipos de entorno, las tecnologías necesarias difieren mucho de unos a otros. En concreto, como se vio anteriormente, la navegación se puede dividir en cuatro etapas: la localización del usuario, la planificación de la ruta, la representación del entorno y la interacción con el usuario. Las principales diferencias entre entornos interiores y exteriores surgen a la hora de localizar al usuario y planificar la ruta. Mientras que en entornos exteriores se cuenta con el GPS para localizar y seguir al usuario, en interiores no funciona y se tienen que plantear soluciones alternativas. A la hora de planificar las rutas también existen algunas diferencias, motivadas principalmente por la naturaleza del entorno. En entornos interiores los puntos de referencia serán puertas, esquinas, accesorios, etc. Mientras que en exteriores serán edificios, esculturas o plazas. Además, el tipo de instrucción puede variar: en entornos interiores parece no tener mucho sentido instrucciones del estilo a “camina durante 45 segundos”, mientras que en exteriores, al tratarse de recorridos más largos, sí pueden tener sentido.

En los estudios relacionados con el guiado en exteriores, la localización y seguimiento del usuario quedan relegadas a un segundo plano, ya que el GPS resuelve esas tareas de forma eficaz. Sin embargo, existen diferentes estudios sobre cómo calcular las rutas y cómo mostrar esa información al usuario, es decir, cómo guiar al usuario una vez se le ha localizado. Dada la población objetivo de estos trabajos (personas con diversidad funcional intelectual) y sus limitaciones, se han tenido que estudiar alternativas a los mecanismos de presentación clásicos, como los mapas.

Por un lado, a la hora de calcular la ruta no siempre es mejor la ruta más corta.

Para ciertos usuarios, será preferible hacer una ruta más larga pero más sencilla o, como se plantea en *Assistive Navigation System*, aprovechar el conocimiento de puntos intermedios. En este mismo sentido, *OurWay* también propone una forma novedosa para adaptar la ruta a las necesidades del usuario: utilizar información social (etiquetas) del entorno. Así, en base a valoraciones de otros usuarios se puede calcular y guiar por una ruta que se ajuste más a las necesidades particulares del usuario como, por ejemplo, que las aceras sean accesibles, en el caso de usuarios que van en silla de ruedas.

Algo parecido sucede con el mecanismo empleado para dar las instrucciones. Generalmente, se utilizan unidades métricas (camina durante unos metros/minutos). Sin embargo, este mecanismo no parece ser efectivo para personas con diversidad funcional intelectual. Esto motivó a Liu *et al.* a desarrollar y evaluar un sistema de guiado basado en puntos de referencia y giros [76]. De esta forma, además de asistir, se promueve el entrenamiento de estas personas. Esto es algo que, como se ha dicho anteriormente, es muy importante de cara a mejorar la independencia y autonomía.

Con respecto a la presentación del entorno y la interfaz de usuario, en varios de los trabajos presentados se emplean dispositivos móviles con este fin. Estos dispositivos permiten crear interfaces ricas y multimodales, por lo que diferentes investigadores han realizado evaluaciones sobre qué interfaces se adaptan mejor al usuario. Así, encontramos interfaces basadas en fotografías a pie de calle ([75]), de realidad aumentada ([76]) o solo mediante voz ([77]). De estas opciones, el uso de fotografías y flechas parece la más conservadora y efectiva. La realidad aumentada aún es desconocida por muchos usuarios y puede causar confusión las primeras veces. Además, para una correcta visualización de la información, se debe mantener el teléfono apuntando en la misma dirección que la mirada y esto puede ser muy complicado para usuarios que tengan algún tipo de lesión en los miembros superiores. Como concluyeron Rehrl *et al.* [77], las instrucciones auditivas son muy útiles, pero si no se dispone de un mapa o de información adicional, es muy probable que se produzcan desvíos debido al error por la precisión del GPS. A esta misma conclusión llegaron los autores de *TAD* que, si bien es una aplicación para asistencia en transporte público, necesita de una precisión que no siempre se tiene con el GPS para asistir de forma correcta al usuario y evitar errores.

De los trabajos estudiados para la navegación en interiores se concluye que, si bien todas las aproximaciones han ofrecido resultados positivos, se debe realizar un análisis un poco más profundo en el que se relacione el índice de éxito con el coste asociado. Es concreto, para localizar al usuario se requiere de medios materiales, instalación de equipos y tiempo para modelar el entorno. Esto lleva unos costes asociados que, en muchos casos, pueden ser inaccesibles. En el caso de las balizas infrarrojas, por ejemplo, se requiere instalar unos dispositivos que, a pesar de ser pequeños y discretos, son claramente visibles y, además, requieren de alimentación continua. Además, en el estudio presentado, el usuario debe llevar un sensor adicional.

Algo similar pasa con los sistemas de estimación. En algunos casos se puede emplear

3.4. CONCLUSIONES

el dispositivo móvil del usuario (si cuenta con los sensores apropiados), a costa de perder precisión. Si se quiere aumentar la precisión, se requieren sensores adicionales. Por el contrario, los sistemas basados en reconocimiento de patrones (bien sean imágenes o *fingreprints*) no necesitan ninguna instalación adicional. Tan sólo se debe modelar el entorno (haciendo las mediciones oportunas). Por lo tanto, resultan económicamente viables. Sin embargo, su problema es la sensibilidad a cambios en el entorno. Si, por ejemplo, durante el modelado se establecen una serie de imágenes de referencia que pueden ser identificadas, en el momento que se cambie alguna de ellas se debe reconfigurar el sistema. Los sistemas basados en “huellas” de señales (o *fingerprints*) se comportan de manera similar. Si la señal varía por algún motivo, el sistema puede dejar de funcionar.

Por lo tanto, se establece una relación de tres factores a considerar a la hora de desarrollar un sistema de localización en interiores: precisión – costes – sensibilidad. Dependiendo de la aplicación, uno de los factores puede ser determinante sobre los otros.



4 Sistema de asistencia integral

Este capítulo describe el sistema de asistencia integral resultado de esta tesis. El proceso de diseño comienza con un análisis de las necesidades de las personas con diversidad funcional intelectual. A partir de este estudio, se extraen una serie de requisitos que debe cumplir un sistema asistencial para ser exitoso. Y, finalmente, se presenta el sistema AssisT, sus características y módulos que lo componen.

4.1. Introducción

Las tecnologías para la asistencia, como se ha mostrado en los anteriores capítulos, resultan un tema de interés científico. No sólo por los resultados teóricos o desarrollos técnicos a los que se pueda llegar, sino por su alto impacto en la sociedad. Así, gracias a la investigación en estas áreas, algunas personas con diversidad funcional pueden llevar una vida más autónoma e independiente e, incluso, acceder a oportunidades a las que antes no podían como, por ejemplo, un empleo. Este hecho, viene respaldado tanto por organismos oficiales como asociaciones. De ahí que hayan surgido leyes y normativas para regular el trabajo en este campo (e.g. ISO 9999 [40]).

Sin embargo, en la revisión del estado del arte del capítulo anterior quedan patentes algunos nichos o lagunas. En particular, muchos de los proyectos empleados ofrecen asistencia aislada y concreta, es decir, se limitan a ayudar en solo una área (realización de tareas, relaciones sociales, comunicación, etc.). Sin embargo, en muchas ocasiones, la limitación en la independencia viene impuesta por dificultades en varios aspectos. En este sentido, se plantea el desarrollo de un nuevo sistema de asistencia integral, es decir, que cubra diferentes necesidades que se le presenten a la persona con diversidad funcional en su día a día.

A continuación, se propone un estudio de las necesidades de las personas con diversidad funcional intelectual, basado en la revisión del estado del arte y en opiniones y sugerencias recogidas en reuniones con expertos (terapeutas ocupacionales, educadores y preparadores laborales) que se han dado lugar durante el desarrollo de esta tesis. Estas necesidades se han clasificado de acuerdo al modelo “*Human Activity Assistive Technology*” (HAAT) [95]. En él, se relaciona la **persona** con la **actividad** que realiza, la **asistencia** tecnológica que emplea y el **contexto** en el que se encuentra. Además, el orden es importante ya que prevalece la persona sobre el resto, es decir, es la tecnología la que se debe adaptar a las necesidades de la persona y la tarea. En la Figura 4.1 se presenta una adaptación del diagrama del modelo con los cuatro elementos que lo componen.

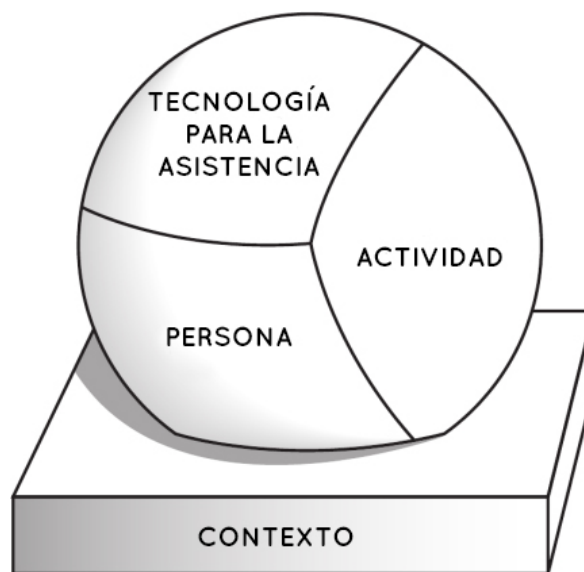


Figura 4.1. Diagrama del modelo HAAT. Adaptación de la imagen original de [95].

- La componente de la **persona** incluye todas las habilidades y capacidades del individuo. Para ofrecer una asistencia efectiva, se deben conocer sus capacidades, evolución y posibles problemas que puedan surgir. De forma complementaria, esta componente también incluye el rol de la persona en la sociedad y sus experiencias con la tecnología.
- La componente de la **actividad** es imprescindible para dar el mejor soporte posible. Además de la consecución de pasos a seguir para completarla, incluye información adicional, como: lugar y temporalidad, nivel de implicación, conocimiento previo, etc.
- La componente de la **tecnología** es la que permite a la persona hacer la actividad en un contexto determinado. Incluye cuatro aspectos: la interfaz humano –

tecnología, que es la forma en la que la persona se relaciona con la tecnología; el procesador, que es el encargado de transformar la información proveniente de la persona en señales para controlar el resultado; la interfaz ambiental, que capta la información que rodea a la persona y la transforma para que el procesador la incluya en la generación del resultado; y el resultado, que puede ser cognitivo, comunicativo, manipulativo o de movilidad.

- El **contexto**, que cuenta con cuatro componentes: físico, social, cultural e institucional. A pesar de no ser incluido en los modelos de asistencia médicos, se debe considerar el contexto del usuario a la hora de entender la diversidad funcional y su asistencia.

4.2. Necesidades que deben cubrir las tecnologías para la asistencia

Las necesidades que debería cubrir un sistema de asistencia, se pueden clasificar de acuerdo al modelo HAAT como:

Necesidades de la persona

El objetivo de cualquier sistema de asistencia es suplir una carencia o una capacidad limitada o debilitada de forma que la persona sea más independiente. Por lo tanto, se deben considerar las necesidades particulares del usuario (**NP1**).

En general, las personas con diversidad funcional intelectual presentan problemas de memoria, secuenciación y planificación. Es decir, muchas de estas personas tienen problemas a la hora de recordar y realizar actividades secuenciales, así como a la hora de planificarlas (**NP2**). Además, el desempeño a la hora de realizar estas tareas viene influido por la actitud de la persona. Es muy común encontrar personas totalmente apáticas o muy impulsivas. Por lo tanto, cualquier tipo de asistencia debe considerar este hecho y tratar de, o bien motivar, o bien calmar a la persona (**NP3**). Además, este tipo de usuarios generalmente presentan una cierta rigidez mental que les puede llegar a bloquear o frustrar ante situaciones de error o confusión (**NP4**).

Debido al limitado desarrollo cognitivo, la comprensión y expresión tanto lectora como escrita se puede ver afectada. Las personas con diversidad funcional intelectual de nivel grave o profunda generalmente no saben leer ni escribir (**NP5**). Además, el procesamiento de la información suele ser más lento y no suelen alcanzar el nivel de abstracción de la información. Por lo tanto, cualquier asistencia deberá ser sencilla y

fácil de entender y el mecanismo de presentación de la ayuda debe estar diseñado para ayudar a encontrar la información y no obligarle a recordarla [96] (**NP6**).

También se debe considerar el hecho de que la diversidad funcional intelectual suele venir acompañada de otras limitaciones (sensoriales o motoras). Por lo tanto, los usuarios pueden tener otro tipo de necesidades relacionadas con estas otras afecciones (**NP7**).

Necesidades de la actividad

La mayoría de los proyectos y autores que se han presentado en el capítulo anterior se centraban en dar soporte a tareas muy concretas. Tan sólo el proyecto MAPS [97] de Carmien *et al.* aporta asistencia para diversas actividades, como son la realización de tareas y los desplazamientos en exteriores, añadiendo una serie de complementos al sistema (MAPS-LifeLong). De forma parecida, Y.J. Chang también ha reportado diferentes aproximaciones para asistir en la realización de tareas en entornos laborales, así como el guiado en el desplazamiento en entornos interiores. Sin embargo, son proyectos independientes sin aparente relación entre ellos y que utilizan diferentes dispositivos.

Además, la necesidad de los cuidadores o familiares de adquirir diferentes productos o servicios para cubrir las necesidades de las personas a su cargo hace que, en muchos de los casos, se acaben abandonando [93]. Por lo tanto, se deben considerar las necesidades de actividad a nivel global, es decir, incluyendo todo tipo de actividades y lugares donde se realizan (**NA1**).

El tipo de actividad se puede entender de dos formas: en relación a las habilidades que trabaja o requiere y en base al entorno en el que se realizan. Así, encontraremos actividades para trabajar la memoria, la secuenciación, la coordinación o la expresión artística y que se pueden realizar en diferentes entornos, como la vida doméstica, la educación o el entorno laboral. En general, el tipo de entorno en el que se realizan no debería afectar a la hora de diseñar la asistencia, pero la realidad es que sí. Por lo tanto, se deben considerar los diferentes escenarios y las restricciones que cada uno de estos presenta (**NA2**).

En relación con el punto anterior, la posibilidad de realizar actividades en diferentes entornos, cabe destacar la importancia de los desplazamientos como actividad fundamental para la independencia. Por lo tanto, otra actividad en la que enfocar la asistencia será el guiado en los posibles desplazamientos a lo largo del día (**NA3**).

Necesidades de la tecnología

Con respecto a la tecnología, la necesidad más importante a abordar es bajar la alta tasa de abandono (**NAT1**). De acuerdo al estudio de Dawe [93], aproximadamente un 35 % de la tecnología para la asistencia adquirida por las familias acaba siendo abandonada. Con la intención de resolver este problema, la autora propuso una serie de medidas a tomar a la hora de diseñar este tipo de productos o servicios:

- **Portabilidad.** En el sentido de que la tecnología sea portátil y se pueda utilizar en cualquier lugar y momento (**NAT2**).
- **Simplicidad.** El manejo debe ser sencillo, intuitivo y amigable. Sin embargo, esto no significa que el acabado o las interfaces deban ser infantiles (**NAT3**).
- **Adaptación al usuario y su evolución.** Se deben considerar tanto las capacidades actuales del usuario como su evolución en el futuro y que la tecnología se adapte en cada momento (del mismo modo que **NP1**).
- **Facilidad de actualización y reemplazo.** La tecnología desarrollada debe tener un ciclo de vida suficientemente largo y no debe quedarse obsoleta en el corto plazo. En este caso, lo ideal sería poder actualizarla de una forma sencilla y barata (**NAT4**).

En este mismo sentido, el trabajo de Boisvert *et al.* [98] también ofrece una serie de líneas en las que trabajar a la hora de diseñar tecnología para la asistencia (móvil, en este caso), como son reducir la carga cognitiva (**NAT5**), ofrecer una experiencia personalizada (de nuevo, igual que **NP1**) y facilitar retroalimentación tanto al usuario como al cuidador (**NAT6**). Con respecto al usuario con diversidad funcional, se le debe informar del progreso que está realizando con respecto a la actividad y esta información se debe dar de la forma más adaptada a sus necesidades. Por otro lado, con respecto al cuidador, debe recibir suficiente información para poder evaluar y analizar el desempeño de la persona a su cargo.

Necesidades del contexto

Algunos modelos (como los médicos), no suelen contemplar la interacción del contexto con el usuario y la actividad. Sin embargo, es fundamental a la hora de diseñar cualquier tipo de tecnología [99] (**NC1**). Los cambios en el contexto pueden afectar tanto al desempeño de la persona a la hora de realizar la actividad, como a la propia actividad en sí. Por lo tanto, el sistema de asistencia debe adaptarse para que estos cambios contextuales no afecten al resultado final.

El modelo HAAT describe el contexto mediante cuatro componentes:

1. Físico: incluye todos los elementos naturales o contruidos que afectan a la actividad, así como parámetros físicos como la luz o el ruido u otros factores como la intensidad de señal (móvil o de GPS, por ejemplo).
2. Social: se refiere a los individuos del entorno que influyen en la actividad y en la persona, como la familia o la sociedad en la que se desarrolla la persona, y a las posibles interacciones que pueden surgir con ellos (directas o indirectas).
3. Cultural: son las creencias y valores de la persona. Estos influyen directamente en la percepción del entorno, independencia y autonomía.
4. Insitucional: es el marco legislativo y económico en el que se sucede la actividad y se encuentra la persona. Como ya se ha citado en anteriores capítulos, existe una regulación específica de este tipo de tecnologías, así como leyes que protegen los derechos y deberes particulares de este colectivo.

Finalmente, en la Tabla 4.1 se presenta un resumen de las necesidades identificadas que un sistema tecnológico de asistencia debería cubrir para ser exitoso. La clasificación está basada en los cuatro elementos que propone el modelo HAAT.

4.3. Análisis de requisitos

Con la intención de cubrir las necesidades encontradas y en base a los estudios previos, se pueden extraer una serie de requisitos que debería cumplir una nueva tecnología de asistencia para ser exitosa. Es decir, que promueva la independencia del usuario y sea aceptada de forma universal.

Asistir en múltiples actividades

Una de las necesidades de la actividad más importante que se ha encontrado en la literatura es la capacidad de asistir en diferentes tipos de actividades (**NA1**). Resulta fundamental que el usuario pueda obtener la ayuda que necesite para realizar diferentes tareas en diversas situaciones y ambientes con una misma tecnología. En este sentido, se hace hincapié en actividades relacionadas con la cognición, memoria y planificación (**NP2**), así como en los desplazamientos del día a día (**NA3**). De este modo, se establece como requisito fundamental proveer este tipo de asistencia integral (**RF1**).

4.3. ANÁLISIS DE REQUISITOS

Necesidades de la persona

- NP1. Considerar las capacidades cognitivas particulares de cada usuario.
- NP2. Enfocarse en problemas de memoria, secuenciación y planificación.
- NP3. Motivar/calmar al usuario.
- NP4. Prevenir el bloqueo y la frustración.
- NP5. Proveer modos de comunicación alternativos al texto.
- NP6. Tener en cuenta la dificultad para encontrar elementos (en una pantalla, por ejemplo).
- NP7. Atender a otras posibles limitaciones (baja visión, movilidad reducida, etc.)

Necesidades de la actividad

- NA1. Incluir todo tipo de actividades de la vida diaria.
- NA2. Planificar los diferentes escenarios de uso.
- NA3. Valorar los desplazamientos como actividad fundamental.

Necesidades de la tecnología

- NAT1. Reducir la tasa de abandono.
- NAT2. Aumentar la portabilidad.
- NAT3. Simplificar las interfaces.
- NAT4. Facilitar la actualización y el reemplazo.
- NAT5. Reducir la carga cognitiva.
- NAT6. Proveer retroalimentación.

Necesidades del contexto

- NC1. Incluir el contexto en el diseño.

Tabla 4.1. Resumen de las necesidades encontradas que deben cubrir nuevos desarrollos tecnológicos para la asistencia.

Adaptarse al usuario, sus necesidades y contexto

Además, se deben considerar las necesidades particulares del usuario, bien sean intrínsecas o contextuales (**RF2**). Por necesidades intrínsecas se entienden aquellas cuyo origen es una limitación que presente el usuario (**NP1**, **NP7**). Mientras que por contextuales se entienden todas aquellas necesidades que vengan impuestas por el entorno en el que se encuentra (**NC1**).

Facilitar el acceso ubicuo a la asistencia

A la hora de diseñar una nueva tecnología, se deben considerar los diferentes escenarios en los que se puede dar esta asistencia (**NA2**) y, por lo tanto, facilitar el acceso ubicuo a la información (**RF3**).

Promover la asistencia y el entrenamiento

Tal y como destacaron [90] y [91], es fundamental que, a la vez que se asiste al usuario, se promueva el entrenamiento y aprendizaje. De esta forma, el usuario no sólo adquirirá el conocimiento para realizar esa tarea, sino que le será más fácil aprender otras nuevas (**RF4**).

Permitir el acceso universal

Para permitir el acceso universal, y manteniendo la intención de reducir la tasa de abandono (**NAT1**), el sistema debe ser barato, escalable y reutilizable (**RF5**). En este mismo sentido, como se explicará más adelante, resulta imprescindible hacer un diseño de interfaz accesible y usable, de acuerdo a los estándares existentes.

Ser proactivo

De cara a reducir la posible apatía de los usuarios, así como a motivar la realización de las actividades (**NP3**), el sistema debe ser proactivo (**RF6**). Además, para resolver posibles bloqueos (**NP4**), un sistema proactivo puede hacer que el usuario responda ante su bloqueo y continúe con la tarea.

Presentar un cierto nivel de robustez

La tecnología debe ser lo suficientemente robusta para evitar situaciones de error que puedan provocar estrés o rechazo entre los usuarios (**RF7**). Dada la mayor rigidez mental que suelen presentar los usuarios, un fallo en la tecnología que les asista puede provocar una situación de estrés y rechazo. Por lo tanto, se deben emplear técnicas que prevengan este tipo de fallos (inclusión del usuario en el diseño, pruebas en el peor escenario posible, etc.) [100, 101]. En este sentido, existen tres tipos de error: errores de la tecnología, errores de usuario y errores externos.

Los errores de la tecnología son los más sencillos de prever. Para ello, durante las fases de test se deben emplear diferentes dispositivos, simular fallos en la calidad de las señales recibidas (internet, GPS, medidas de sensores, etc.), diferentes condiciones físicas de prueba y pruebas con usuarios reales. Por otro lado, los errores producidos por los usuarios son difíciles de prever. Sin embargo, como se ha demostrado en la literatura [102], la inclusión del usuario durante las fases de diseño y test hace que se reduzcan significativamente tanto los errores producidos por la tecnología, como los producidos por los usuarios. Finalmente, los errores externos son los más difíciles de detectar y prevenir. Para ello, se deben realizar pruebas de campo en condiciones reales.

Proveer *Feedback*

El usuario debe recibir retroalimentación o *feedback* (**RF8**) durante la realización de las tareas. Además, este *feedback* puede actuar como agente de motivación, mediante el empleo de mensajes positivos. Sin embargo, se debe cuidar que no actúe como una distracción. Por lo tanto, la forma y el momento o lugar en el que se active debe ser estudiado previamente.

Por otro lado, y para poder usar la tecnología sin supervisión, los cuidadores deben obtener los suficientes datos para analizar a posteriori el desempeño del usuario y evaluar su avance.

Diseño de la interfaz

Independientemente de la naturaleza de la tecnología empleada, a la hora de diseñar la interfaz de usuario, se deben establecer una serie de requisitos para asegurar que cumple con sus expectativas y pueden sacar el máximo rendimiento de la ayuda. Así, se establece como primer requisito que la interfaz se adapte a sus capacidades cognitivas y físicas (**RI1**). A partir de éste, surgen una serie de requisitos relacionados:

- Interfaces sencillas, simples y amigables (**RI2**). Es decir, la carga cognitiva de la interfaz debe ser baja (**RI3**). Así, el uso de la tecnología no añade dificultad a la realización de la tarea. Además, la información más valiosa debe ser sencilla de encontrar (**NP6**).
- Dadas las posibles limitaciones que puede presentar el usuario, la información debe ser multimodal (**RI4**), es decir, se debe ofrecer en diferentes formatos y presentarla de la mejor forma para que el mensaje llegue al usuario. En este sentido, se deben facilitar textos alternativos a imágenes y viceversa, subtítulos para contenidos multimedia o audiodescripciones.

A modo de resumen, la Tabla 4.2 recoge los aspectos más importantes que se han tratado en lo referente a los requisitos que debe cumplir un nuevo sistema tecnológico de asistencia.

Requisitos Funcionales

- RF1.** Asistir en las diferentes tareas y actividades del día a día, incluidos los desplazamientos.
- RF2.** Adaptarse al usuario, sus necesidades y contexto.
- RF3.** Facilitar el acceso ubicuo a la asistencia.
- RF4.** Promover la dualidad asistencia – entrenamiento.
- RF5.** Permitir el acceso universal: barata, escalable y reutilizable.
- RF6.** Proactividad.
- RF7.** Robustez.
- RF8.** Proveer *feedback*, tanto al usuario como al cuidador.

Requisitos de la interfaz

- RI1.** Adaptarse a sus necesidades.
- RI2.** Ser simple, sencilla y amigable.
- RI3.** Proporcionar contenido multimodal.
- RI4.** Requerir una baja carga cognitiva.

Tabla 4.2. Resumen de los requisitos a cumplir por nuevos desarrollos tecnológicos para la asistencia.

4.4. Propuesta de sistema de asistencia integral: AssisT

Como se ha introducido anteriormente, en un sistema de asistencia integral deberían tener cabida diversos tipos de tareas y desplazamientos. Un ejemplo representativo de las diferentes necesidades que pueden surgir, y en las que la tecnología resultaría una ayuda fundamental, sería el siguiente:

Alberto, un joven con síndrome de Down, se levanta cada mañana entusiasmado para ir a su trabajo. Antes de salir de casa se prepara el desayuno: leche con cacao, zumo y tostadas con tomate. Aunque ya sabe más o menos cómo se prepara todo, a veces se le olvidan algunos pasos o los hace en desorden y esto ya le ha llevado a pequeños incidentes, como que se le queme el pan. Por eso, hace uso de una aplicación de su smartphone, que le guía

durante la preparación. Esta aplicación ya la conoce, porque la usó en el centro formativo para aprender a hacer diferentes tareas.

Una vez ha terminado de desayunar y recogidos los platos, se dirige a la empresa donde trabaja desde hace unas semanas. Por suerte, no le queda muy lejos y, cuando hace bueno, puede ir andando. Como todavía no conoce muy bien el camino y teme perderse, de nuevo utiliza su smartphone para que le guíe en el recorrido.

La empresa es una multinacional y Alberto es auxiliar en la recepción. Cada día, a primera hora de la mañana, reparte el correo que ha llegado. Al principio le resultaba una tarea muy complicada, porque tenía que clasificar todas las cartas según la planta y despacho de la persona que debía recibirla y, una vez ordenadas, tenía que buscar los despachos y dejar las cartas en la mesa. Con el tiempo, esta tarea le resulta cada vez más sencilla. Ya se conoce la ubicación de casi todos los despachos pero, si no sabe muy bien cómo ir, utiliza la aplicación para su teléfono que le guía desde donde esté hasta el lugar que necesite de una forma muy eficaz.

Una vez repartido el correo, se encarga de las tareas de reprografía que van surgiendo a lo largo del día y acondiciona las salas que se van a necesitar para los diferentes actos y reuniones. Hoy, en concreto, el director de un departamento le ha pedido que prepare la sala de reuniones para hacer una presentación a unos clientes muy importantes. Se tiene que asegurar de que funciona el proyector, que la sala está limpia y la temperatura es adecuada. Además, tiene que recoger el dossier que se entregará y hacer 10 copias a color y doble cara, guardarlas en carpetas y distribuir las en la sala de reuniones. De nuevo, se apoya en la aplicación de su smartphone para realizar todas estas tareas y asegurarse de que está todo listo para la reunión.

Esta autonomía no ha surgido de la nada. Previa a la inserción de Alberto, tanto sus profesores como preparadores laborales le han formado para que sea independiente y pueda realizar algunas de las tareas propias de un trabajo. Antes, cuando no se empleaba la tecnología como soporte para la independencia, este proceso requería una atención continua, si bien se reducía gradualmente el apoyo por parte de los profesores. Ahora, gracias a la tecnología, este proceso formativo se puede llevar a cabo de una forma más autónoma, ya que los profesores reciben información muy práctica para estudiar el progreso de Alberto. Así, un mismo preparador puede atender a varias personas a la vez, promoviendo un mayor número de inserciones laborales sin aumentar el coste en recursos humanos.

El ejemplo anterior ilustra cómo un sistema de asistencia integral facilitaría la independencia de personas con diversidad funcional intelectual, tanto en la vida doméstica como en el entorno laboral y en los desplazamientos que pueden surgir. Tanto el análisis del estado del arte como las reuniones con expertos, las necesidades encontradas y el análisis de requisitos concluyen que un sistema capaz de asistir en situaciones simila-

res a las del ejemplo sería de gran utilidad tanto para usuarios como para cuidadores, centros y empresas que incluyen personas con diversidad funcional en sus plantillas.

Por lo tanto, se plantea como objetivo central de esta tesis diseñar, implementar y evaluar un sistema de asistencia integral para personas con diversidad funcional intelectual. Como se analizó en la sección anterior, el sistema debe ser capaz de cubrir las necesidades de asistencia del usuario en la realización de las tareas diarias en las que se haya detectado algún tipo de dificultad (**RF1**). En concreto, estas tareas pueden ser de diversa naturaleza y darse en diferentes contextos (**RF2**), si bien se podrían resumir como: tareas instrumentales secuenciales y desplazamientos. La diferencia entre ambos tipos, desde el punto de vista asistencial, es que, mientras las instrumentales se realizan en un entorno fijo y, por lo tanto, no son sensibles al cambio en la localización del usuario, los desplazamientos sí. Este hecho altera la manera de afrontar el problema y los requisitos particulares de la tecnología.

En concreto, se hará uso de redes y sistemas móviles para el acceso ubicuo a la información (**RF3**), de modo que los dispositivos móviles constituyan un elemento primordial para, por un lado, presentar la información y, por otro lado, recolectar la información contextual (como ubicación, necesidades puntuales del usuario, etc.). Como ha quedado patente en el Capítulo 3, existe un interés creciente en la comunidad científica internacional en el uso de este tipo de dispositivos como habilitadores de la asistencia. Es decir, no sólo como herramientas de comunicación tradicional, sino como unidades de cómputo, interacción y localización de los usuarios. Sin embargo, tal y como se reflejó en el estudio de Chmillar y Anton [56], una de las mayores dificultades que se encontraron los usuarios a la hora de trabajar con dispositivos móviles fue la gran cantidad de aplicaciones disponibles y la necesidad de apoyo para configurarlas. Por lo tanto, se debe prestar especial interés en la integración de las herramientas y su configuración.

Como establece el (**RF4**), se debe promover la dualidad asistencia – entrenamiento, es decir, no sólo guiar al usuario en la realización de la tarea concreta, sino que se promueva el aprendizaje de destrezas que puedan ayudar a realizar otras tareas. Para ello, la cantidad de ayuda aportada se debe adaptar a sus necesidades y evolución (**RF1**), viéndose reducida hasta, si fuese posible, desaparecer por completo. Por otro lado, los mecanismos de ayuda empleados deben promover la atención a la tarea frente a la herramienta de asistencia.

El sistema debe ser barato, escalable y reutilizable (**RF5**). De nuevo, los *smartphones* son los candidatos perfectos ya que resultan económicamente accesibles e, incluso, dado que gran parte de los usuarios cuentan con ellos, no se necesita adquirir ningún dispositivo adicional. La escalabilidad y reutilización del sistema vendrá determinada por la arquitectura y modelos de datos empleados, que deberán ser lo suficientemente flexibles como para admitir múltiples usuarios, opciones, destinos, etc. Así como permitir que se reutilicen bloques de información en diferentes contextos o para diferentes

usuarios, según sea necesario.

En relación a la proactividad del sistema (**RF6**), se establecerán diferentes mecanismos, dependiendo del tipo y necesidades de la tarea a realizar, para fomentar el uso de las ayudas, atención al entorno y evitar los bloqueos de los usuarios. En este sentido, se proveerán diferentes tipos de alarmas que, una vez más, deberán poder adaptarse a las necesidades particulares del usuario y su contexto. Por otro lado, en relación con la robustez (**RF7**), se deben tener en cuenta los tipos de errores y su prevención, como se ha visto anteriormente.

Finalmente, no hay que olvidar a los responsables, tutores, familiares o cuidadores que están a cargo de las personas con discapacidad cognitiva, a los que se les deben proporcionar herramientas para la gestión, seguimiento y apoyo de los usuarios a su cargo.

Así, se propone “AssisT” (pronunciado “asiste”), un sistema móvil para la asistencia integral de personas con diversidad funcional intelectual en sus actividades de la vida diaria. En concreto, la plataforma elegida es *Android*, debido a que los teléfonos que usan este sistema operativo cumplen con los requisitos de cómputo, comunicación e interacción, son económicamente accesibles y cuentan con una gran penetración en el mercado y en la sociedad.

Como se verá en detalle en capítulos siguientes, se compone de varios módulos para asistir en los diferentes ámbitos en los que se han detectado necesidades: tareas instrumentales secuenciales, desplazamientos en entornos exteriores y desplazamientos en entornos interiores. Así, el sistema se descompone en “AssisT-Task”, “AssisT-Out” y “AssisT-In”. Los tres módulos surgieron de forma natural y secuencial en el tiempo. La semilla de esta tesis fue el proyecto “aQRdate” [103], un sistema de guiado en tareas de la vida doméstica, especialmente diseñado para personas con daño cerebral adquirido. Este ha evolucionado hasta AssisT-Task. La idea esencial es la misma, si bien AssisT-Task se propone como parte de un conjunto de herramientas de asistencia y, de ahí, el cambio de nombre. Vista la viabilidad de AssisT-Task en sus inicios, y respondiendo a las necesidades de los usuarios y cuidadores, surge de forma natural AssisT-Out, para guiar en los desplazamientos en entornos exteriores. Finalmente, y de nuevo gracias a las interacciones con expertos, surge AssisT-In, el módulo encargado de asistir en los desplazamientos interiores.

A pesar de tener objetivos diferentes, los tres módulos comparten una serie de características que los hacen formar parte de un todo, manteniendo, en la medida de lo posible, la estética, modo de interacción y metáforas. De este modo, la transición de un módulo a otro será casi transparente para los usuarios, ofreciendo una experiencia de asistencia global.

Para conseguir este efecto, el proceso de asistencia debe ser lo más parecido posible. En general, un sistema asistencial de este tipo se divide en cuatro etapas: definición de los datos, identificación de la tarea, guiado y generación del informe de actividad. Como se verá en detalle en los siguientes capítulos, los tres módulos siguen este esquema, salvo pequeñas variaciones en el caso de AssisT-Out. A continuación se detallan las características comunes de los tres módulos de acuerdo a estas etapas.

Definición de los datos

En esta etapa se incluye la definición de todo tipo de datos para el modelado de los usuarios, entornos, destinos, manuales, etc. En concreto, esta información se almacena en una base de datos que puede ser dividida en cuatro tipos de tablas: las propias de AssisT-Task, las de AssisT-Out, las de AssisT-In y las que contienen información compartida entre los diferentes módulos. Esta información es la relacionada con los usuarios (datos personales, identificadores, fotografías, etc.) y los tutores (es decir, los cuidadores, educadores, etc.). En la Figura 4.2 se muestra el diagrama entidad relación sobre el que se han implementado las tablas necesarias en la base de datos.

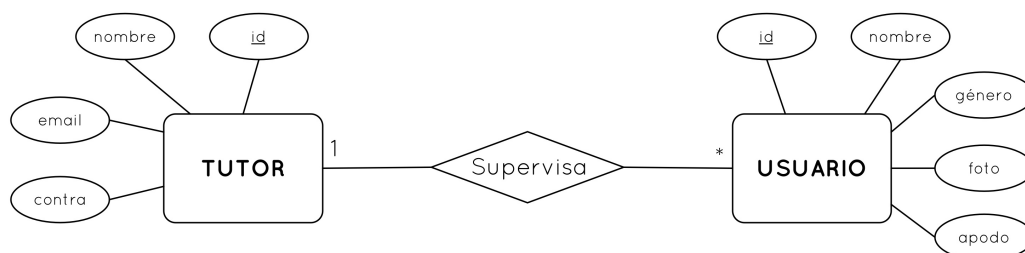


Figura 4.2. Diagrama entidad-relación del modelado de usuarios y tutores

Esta información resulta fundamental para proveer una experiencia personalizada al usuario en cada uno de los módulos, así como para generar el registro de actividad y enviarlo al tutor correspondiente.

Identificación de la tarea/localización del usuario

La primera etapa sería la identificación de la actividad. En el caso de AssisT-Task será la tarea a realizar. En AssisT-Out y AssisT-In se debe identificar, por un lado, la localización del usuario y, por otro lado, el destino al que desea desplazarse.

La localización en AssisT-Out se realiza mediante el GPS del *smartphone*, por lo tanto no hace falta ningún tipo de técnica adicional. Sin embargo, en el caso de AssisT-In, como ya se vio en la revisión del estado del arte, se requiere de otros mecanismos

para hacer efectiva la localización. En este mismo sentido, la identificación de la tarea a realizar en el caso de AssisT-Task también requerirá de algún tipo de técnica adicional. En este último caso, se podría plantear el uso de listas en las que se enumerasen las diferentes tareas. El usuario buscaría la que debe realizar y, al seleccionarla, recibiría las instrucciones. Este método presenta dos problemas, que son la necesidad de búsqueda de información y que el contenido sea puramente textual. La búsqueda de información, como se vio en la Sección 4.2 (**NP6**), puede resultar una tarea compleja para muchos usuarios. Por otro lado, los problemas que suponen los elementos textuales se podrían solucionar añadiendo contenido gráfico descriptivo (fotografías, pictogramas, etc.) o con sistemas de conversión texto a voz. En cualquier caso, se deben considerar los problemas relacionados con la interacción con listas, como son la necesidad de desplazarse por ella (hacer *scroll*) o decidir el orden en que se muestran las diferentes tareas (alfabético, frecuencia de uso, etc.). Por lo tanto, para intentar evitar estos posibles problemas y mantener un funcionamiento lo más similar posible entre los diferentes módulos, se plantea utilizar la misma aproximación para la localización de usuarios en entornos interiores y la identificación de tareas.

Así, se plantean varias técnicas y opciones: detección directa (mediante balizas, etiquetas, etc.), triangularización y reconocimiento de patrones (imágenes y *fingerprints*). A la hora de escoger una de ellas, se deben tener en cuenta los requisitos del sistema. En concreto, el requisito **RF5** especifica que se debe promover la accesibilidad a la tecnología haciendo desarrollos baratos, tanto en el despliegue como en el mantenimiento, y reutilizables. En la Figura 4.3 se ha elaborado un gráfico relacionando la precisión de las diferentes técnicas de localización en interiores (y por extensión la identificación de tareas) y su coste estimado. Las diferentes técnicas se han clasificado de acuerdo al mecanismo empleado: estimación, triangularización, reconocimiento de patrones y detección directa. Las opciones basadas en estimación y triangularización son las propuestas con menor coste, si bien la precisión se puede ver comprometida. Además, la integración de las tareas no resulta muy directa. El reconocimiento de patrones, tanto imágenes como *fingerprints*, ofrecen mejor precisión que los anteriores, pero incrementando los costes. En ambos casos, no se requiere de un despliegue de infraestructura, por lo que los costes económicos directos no son tantos. El coste de este tipo de técnicas está relacionado, más bien, con el modelado del entorno y el mantenimiento ante los posibles cambios, ya que requieren recalibrar el sistema. Finalmente, los sistemas basados en detección directa ofrecen multitud de opciones. Los que hacen uso de balizas activas (bluetooth, ultrasonidos o infrarrojos) ofrecen una gran precisión, sin embargo requieren del despliegue y mantenimiento de una infraestructura, por lo que sus costes asociados son altos. Por otro lado, los basados en etiquetas (RFID o visuales) presentan un menor coste, manteniendo un cierto nivel de precisión.

La elección de la técnica más apropiada para el sistema viene determinada por la relación coste – precisión. En este sentido, se descartan tanto las técnicas basadas en estimación como en triangularización por su baja precisión (y alta variabilidad). Por otro lado, el coste de las balizas activas, a pesar de su alta precisión, hacen que

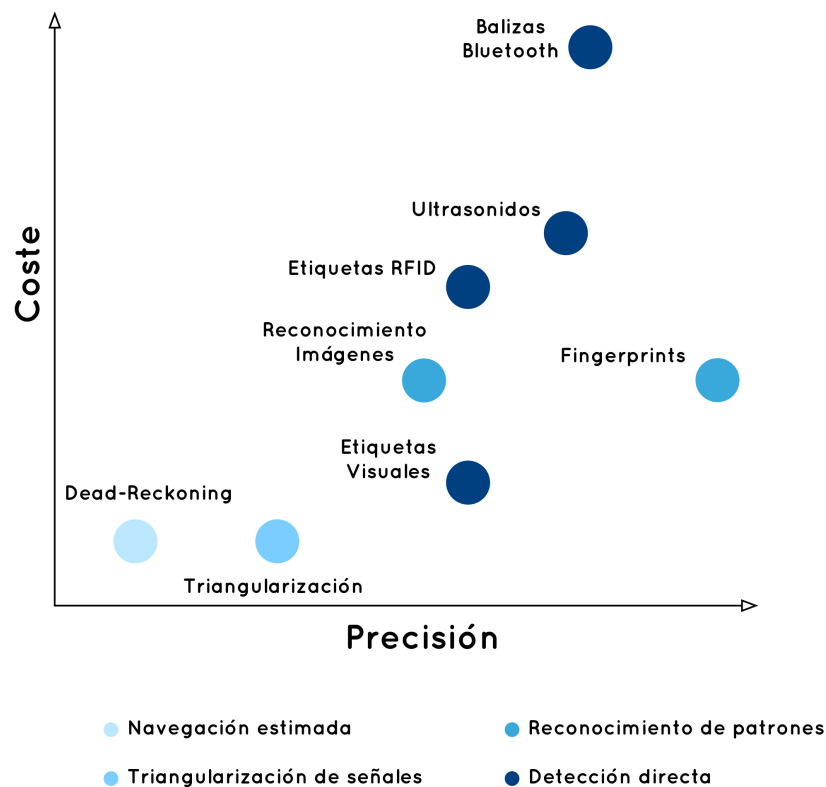


Figura 4.3. Relación coste – precisión para sistemas de localización en interiores

no cumplan el requisito de facilitar su acceso. Por lo tanto, los sistemas basados en reconocimiento de patrones y detección directa de etiquetas parecen los más apropiados. En concreto, se ha optado por las marcas visuales, ya que su coste es el más bajo (basta con imprimir los códigos y fijarlos en distintos lugares del entorno) y mantienen un nivel de precisión adecuado. Así, al escanear la marca visual el sistema podrá, por un lado, localizar al usuario o, por otro lado, mostrar las instrucciones de la tarea correspondiente.

En concreto, se han elegido los códigos QR como marcas visuales. Éstos son un tipo de códigos o etiquetas bidimensionales que fueron desarrollados por Denso Wave y lanzados en 1994. Cada código QR está formado por una serie de puntos que pueden ser blancos o negros, codificando así la información que se desee. La capacidad del código viene determinada por su versión (de la 1 a la 40), es decir el número de módulos que lo componen (de 21 x 21 módulos hasta 177 x 177). En su versión más pequeña (v1), se pueden almacenar un mínimo de 17 caracteres numéricos, 10 alfanuméricos o 7 binarios, mientras que en la versión más grande (v40) la capacidad aumenta hasta los 7.089 caracteres numéricos, 4.296 caracteres alfanuméricos o 2.953 caracteres binarios. Así, se podrá escoger la versión de QR más adecuada atendiendo a la relación capacidad – tamaño.

Por otro lado, otra característica que ofrecen es que son símbolos fácilmente interpretados por un escáner o, en su defecto, por un terminal con cámara de fotos y el software de lectura adecuado. En la actualidad, existen lectores compatibles con la gran mayoría de *smartphones*, así como generadores de códigos gratuitos.

En lo que se refiere a calidad de la lectura, la codificación empleada ofrece una gran tolerancia frente a errores por suciedad o deterioro. En concreto, existen cuatro niveles de corrección, cuya capacidad de recuperación oscila entre un 7 % y un 30 % de la información contenida. Para implementar esta funcionalidad los códigos QR utilizan un código Reed–Solomon [104].

Finalmente, cabe destacar la invariabilidad del código frente a rotaciones. Gracias a los patrones de detección situados en tres de las esquinas, se puede garantizar la rápida velocidad de lectura desde cualquier dirección.

A pesar de estas ventajas, este tipo de códigos presenta una serie de desventajas, como son la seguridad y la estética. El hecho de no poder conocer el contenido de un QR a simple vista impide valorar la conveniencia de su captura. Por otro lado, en lo que se refiere a estética, pueden no resultar atractivos o llamativos a primera vista, sin embargo, en la actualidad existen servicios que permiten crear códigos personalizados en los que se puede variar el color, redondeo de las esquinas o, incluso, añadir una imagen central¹.

Por último, tanto en los casos de AssisT-Out como AssisT-In, una vez localizado el usuario se le debe preguntar por el destino. De nuevo, aquí surgen diferentes opciones: selección de listas, detección automática (basada en preferencias o planificación previa), búsqueda en mapas, etc. En concreto, de acuerdo a la opinión de expertos en la educación y formación de personas con diversidad funcional intelectual que participaron en el proceso de diseño, desarrollo y pruebas del sistema, las listas adaptadas a sus necesidades (incluyendo no sólo textos, si no que también imágenes o iconos) resultan aptas para un gran porcentaje de los usuarios potenciales. Por lo tanto, una vez localizado al usuario, tanto AssisT-Out como AssisT-In muestran una lista de los posibles destinos a los que se puede dirigir. Como se detallará más adelante, esta lista es personalizada para cada usuario y sensible a la localización del mismo.

Presentación secuencial de la información

Una vez se ha identificado la tarea y localizado al usuario, la siguiente etapa es guiarle en la realización de la actividad. En esencia, los tres módulos se comportan de forma muy similar, ya que presentan secuencias de pasos a seguir hasta cumplir el objetivo propuesto. Por lo tanto, el mecanismo de presentación empleado deberá ser lo

¹Véase por ejemplo: <https://www.unitag.io/qrcode> (último acceso: enero 2015)

más semejante posible, tanto en estética como en las metáforas empleadas.

Al tratarse de información secuencial se propone dividir el guiado en los diferentes pasos simples que componen la actividad. Cada uno de estos pasos debe ofrecer la instrucción apropiada, así como un refuerzo visual. Esta decisión de diseño atiende a los requisitos de la interfaz **RI1** y **RI3**, así como a las propuestas y opiniones de los educadores. Además, se ha incluido la opción de leer en voz alta y de forma automática la instrucción, de manera que el acceso multimodal a la información por diferentes canales está garantizado. De esta forma, el funcionamiento de todos los módulos es muy similar y mecánico: el usuario recibe la instrucción, la ejecuta y pulsa el botón avanzar para obtener la instrucción siguiente. Así, hasta llegar al final de la secuencia. Esta interacción secuencial resulta muy sencilla de aprender, al margen del contenido de la instrucción, y adecuada para utilizarse por personas con diversidad funcional intelectual.

La Figura 4.4 contiene un prototipo de interfaz genérica para mostrar la información de uno de los pasos. En la parte superior, se incluye una barra del sistema con el título de la aplicación. Justo debajo, y en una fuente de tamaño legible, se incluiría la acción a realizar: camina, gira, corta, enciende, etc. y, justo debajo, una imagen representativa de esta. Así, se refuerza visualmente la acción a realizar y, si así se desea, se puede destacar algún elemento en concreto para facilitar la comprensión de la instrucción. Por último, en la parte inferior de la interfaz se incluyen los botones para navegar al paso anterior y al siguiente.



Figura 4.4. Diseño de la interfaz de un paso genérico de una secuencia

4.4. PROPUESTA DE SISTEMA DE ASISTENCIA INTEGRAL: ASSIST

Desde el punto de vista estético también es importante mantener la misma línea, así durante el proceso de diseño de los diferentes prototipos, se fueron refinando los acabados hasta llegar a los criterios recopilados en la Tabla 4.3.

Fondo

Texturizado con un patrón suave



Barras del sistema

Fondo negro o gris oscuro



Botones

Fondo amarillo/verde para avanzar/re-troceder con una flecha negra superpuesta



Iconos

Diferente color para cada módulo



Tabla 4.3. Elementos de interfaz comunes a los tres módulos.

Registro de actividad

Finalmente, un punto importante que deben compartir los diferentes módulos es el registro de actividad. Desde el punto de vista del usuario con diversidad funcional no es tan importante, pero para los cuidadores puede ser una herramienta muy útil para analizar el rendimiento del usuario cuantitativamente. Además, esto facilita la ejecución de las actividades sin supervisión, ya que se pueden conocer las dificultades encontradas, bloqueos, avisos, etc. a posteriori.

Por lo tanto, todos los módulos deben registrar de forma homogénea la actividad del usuario y ponerla a disposición del cuidador. Para ello, se deben habilitar distintos mecanismos para notificar a éste sobre la finalización de las tareas de sus usuarios, así como almacenar copias de seguridad de los datos.

Presentación de los módulos



Es el módulo encargado de la asistencia en la realización de tareas de la vida diaria. En concreto, presenta manuales adaptados al usuario, sus necesidades, evolución y contexto, en los que se explica paso a paso las acciones a realizar para completar la tarea. Dentro de estos manuales se pueden incluir cualquier tipo de actividad que se pueda dividir en pasos más sencillos. Así, tienen cabida tareas tanto domésticas, como propias del entorno laboral y educativas. Además, la forma de dar las instrucciones tiene una naturaleza multimodal, facilitando información textual, oral y apoyo visual mediante imágenes.

Los procesos de diseño, implementación y pruebas del módulo se encuentran descritos en detalle en el Capítulo 5.



AssisT-Out es el encargado de guiar al usuario en sus desplazamientos a pie en entornos exteriores. Para ello, gracias al empleo de *smartphones*, este módulo es capaz de localizar al usuario y proveerle las indicaciones necesarias para llegar a su destino. Tanto la generación de las instrucciones como el mecanismo empleado para comunicárselas se adaptan a sus necesidades: instrucciones sencillas, escritas y orales, apoyadas con imágenes y mecanismos adicionales para facilitar el conocimiento de la posición y la ruta en todo momento.

Dada la peligrosidad inherente a este tipo de actividades, se han considerado las necesidades y preocupaciones tanto de los usuarios como de los cuidadores, añadiendo mecanismos de alerta y localización en tiempo real para que, en caso de situación peligrosa, se puedan tomar las medidas oportunas de la forma más efectiva. En el Capítulo 6 se presentarán todos los detalles de este módulo, tanto a nivel de diseño como de implementación de soluciones y su evaluación.



Finalmente, AssisT-In completa el ciclo de asistencia gracias al guiado en entornos interiores. Como se ha visto anteriormente, el guiado en interiores difiere del de exteriores, principalmente, por las tecnologías empleadas para la localización y seguimiento del usuario. En este caso, se ha apostado por una solución barata y fácilmente implementable en diferentes entornos (escuelas, centros formativos o empresas), basada en detección directa mediante marcas visuales. Así, una vez el usuario escanea el código con su *smartphone* se le puede localizar automáticamente y guiar hasta el destino al que se quiera dirigir.

De nuevo, este módulo comparte ideas con los otros dos, como son el diseño de la interfaz, multimodalidad de la información presentada o los registros de actividad. Todas las particularidades de este módulo, así como el proceso de diseño, implementación y evaluación se detallan en el Capítulo 7.



5 AssisT-Task

5.1. Descripción general

Como se ha introducido en el capítulo anterior, AssisT-Task es una herramienta móvil para el guiado en la realización de tareas de la vida diaria, en concreto, tareas instrumentales secuenciales. Para ello, se emplea el teléfono móvil del usuario como dispositivo de presentación de las instrucciones, interacción y registro de actividad.

5.1.1. Definición de los manuales

Esta primera etapa la llevan a cabo los cuidadores mediante una herramienta gráfica para PC. Como se explicará en detalle en la Sección 5.5, esta aplicación les permite crear, editar y adaptar los diferentes manuales disponibles en el sistema.

Un manual, o tarea, se compone de una serie de pasos (instrucciones) o de otras tareas. A su vez, cada paso cuenta con una descripción de la acción a realizar y una imagen identificativa. En la Figura 5.1 se muestra un diagrama genérico de una tarea. Como se aprecia en la imagen, el modelo sigue un esquema de árbol. Los círculos se corresponden con las tareas (T0 y T1) y los rombos con los pasos (P0 – P4). Así, la tarea raíz T0 se compone de P0, T1, P3 y P4. A su vez, T1 se compone de P1 y P2. Estas relaciones de composición se han indicado mediante líneas discontinuas, mientras que las relaciones de posición se han representado mediante líneas continuas. Por último, el símbolo \perp se ha utilizado para indicar que no hay elemento anterior/posterior.

Sin embargo, no todos los elementos se representarán en el dispositivo del usuario.

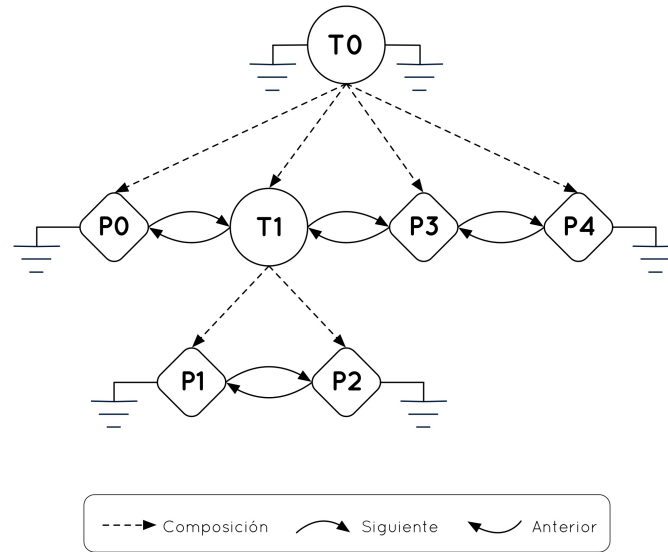


Figura 5.1. Ejemplo de manual representado en formato de árbol.

Tan sólo se mostrarán en el móvil los pasos, ya que son los que indican las acciones a realizar. Para obtener la lista de pasos se debe recorrer el árbol en preorden. Es decir, se visita la raíz y, tras ésta, los sub-árboles de izquierda a derecha. Así, el recorrido del árbol de la figura daría como resultado: $T0 - P0 - T1 - P1 - P2 - P3 - P4$. La secuencia final que se mostraría en el móvil sería: $P0 - P1 - P2 - P3 - P4$.

5.1.2. Identificación de la tarea

Para la identificación de las diferentes tareas se debe etiquetar el entorno (lugares, dispositivos, elementos, etc.) de forma que, al escanear la etiqueta correspondiente, se muestre el manual para hacer la tarea relacionada con ese lugar/dispositivo. Para ello, en cada etiqueta (QR) se codificará la información necesaria para identificar de forma única la tarea a realizar. Además, al ser códigos imprimibles, se pueden reutilizar o reponer fácilmente en caso de deterioro y, al tratarse de etiquetas visuales, los usuarios las podrán identificar de forma sencilla en el entorno.

5.1.3. Guiado

Para el guiado, como se ha introducido anteriormente, se propone el empleo de *smartphones*. Al usarlos de forma conjunta a los códigos QR, permiten que el usuario pueda acceder a la ayuda en cualquier momento y lugar. Además, la herramienta se ha diseñado para cubrir sus necesidades y atendiendo a sus capacidades. Los mecanismos

empleados para la adaptación de la herramienta se pueden clasificar, de nuevo, de acuerdo al modelo HAAT en mecanismo de adaptación al usuario, a la tarea, a la propia tecnología y al contexto.

Adaptación al usuario

Como se analizó en el Capítulo anterior, la adaptación a las necesidades y capacidades del usuario es un requisito fundamental (**RF2**). Los mecanismos empleados en este sentido se pueden dividir en dos: adaptación de las interfaces y adaptación de las secuencias.

Con respecto a las interfaces, como se verá más adelante, a la hora de su diseño se han tenido en cuenta las posibles necesidades y limitaciones del usuario, y se han propuesto soluciones como ofrecer mecanismos de sintetización de los textos de forma automática, reforzar el apoyo mediante imágenes, uso de iconografía atractiva y fácilmente reconocible, sistemas de recuperación frente a bloqueos, etc. En la Sección 5.4 se detallan todas las medidas tomadas en lo que a diseño de la interfaz se refiere.

Por otro lado, las secuencias se deben poder adaptar a la evolución del usuario. En la asistencia clásica, la adaptación a la evolución se basa en la reducción del apoyo por parte de los cuidadores, es decir, cada vez dan menos indicaciones y correcciones. De acuerdo con esto, se propone que un cuidador pueda eliminar los pasos que considere oportunos de la secuencia para un usuario concreto. Por ejemplo, partiendo de la tarea presentada en la Figura 5.1, el cuidador podría decidir eliminar ciertos pasos para un usuario en particular, por ejemplo, la tarea T1, y el paso P4. Así, la secuencia adaptada para ese usuario tan sólo contendría los pasos P0 y P3. En la Figura 5.2 se ha representado de nuevo la tarea en formato árbol, destacando en rojo y línea discontinua (rayas y puntos) las nuevas relaciones que aparecen para soportar la adaptación a la evolución del usuario.

En todo caso se ha decidido que el sistema no realice esta acción de forma automática. Este no pretende en ningún caso ser un sustituto de las labores que realice un cuidador, sino que quiere servir de apoyo a las mismas. Se considera que la labor de los especialistas resulta fundamental para la integración de personas con diversidad funcional, por lo que estos se han de ver involucrados en todas las etapas, desde la definición de las tareas hasta la revisión del registro de resultados.

Adaptación a la actividad

En algunas ocasiones, los pasos que componen el manual deben variar ligeramente para cumplir con los objetivos de la tarea. Para facilitar este proceso, se proponen dos

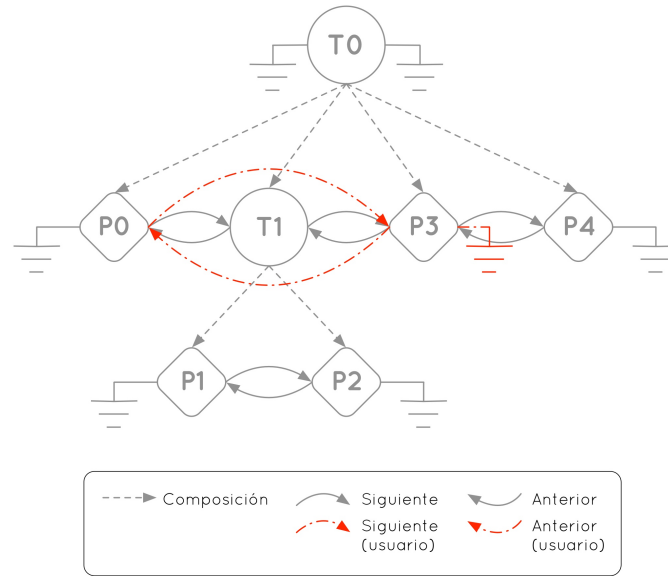


Figura 5.2. Ejemplo de manual adaptado representado en formato de árbol.

mecanismos: las repeticiones y las ramificaciones.

Las **repeticiones** permiten variar el número de veces consecutivas que se ha de hacer un paso. Es decir, en lugar de tener que replicar el mismo paso en la definición del manual, se puede especificar el número de repeticiones, o incluso se puede configurar para que se pregunte al usuario durante la ejecución. De esta forma, se permite la adaptación de la secuencia de acuerdo a las necesidades particulares del usuario o la tarea en un momento concreto.

En la Figura 5.3 se ha representado el manual del ejemplo de la Sección 5.1.1, pero se ha añadido la repetición del paso P3 n veces (línea discontinua y de color rojo). Como se ha dicho anteriormente, este valor puede ser fijado durante la definición del manual o en tiempo de ejecución preguntando al usuario.

Por otro lado, las **ramificaciones** permiten la variación de la secuencia para proveer un guiado adaptado a las necesidades puntuales del usuario y la tarea. Así, se puede definir un tipo especial de paso que pregunta al usuario por la opción a tomar y, de acuerdo a su respuesta, se le mostrarán unos pasos u otros. Una vez completados, se continuará con la secuencia inicial, tal y como estuviese definida.

Por ejemplo, de acuerdo a la tarea modelada en la Figura 5.4, al llegar al paso P1, se le preguntaría por cuál opción tomar, la correspondiente a la tarea T1 o la correspondiente a la tarea T2. En caso de seleccionar, por ejemplo, la T2, se le presentarían los pasos P20 y P21 y, tras estos, se continuaría con la secuencia inicial, mostrándose los pasos P3 y P4. En la figura se ha destacado en rojo los elementos necesarios para

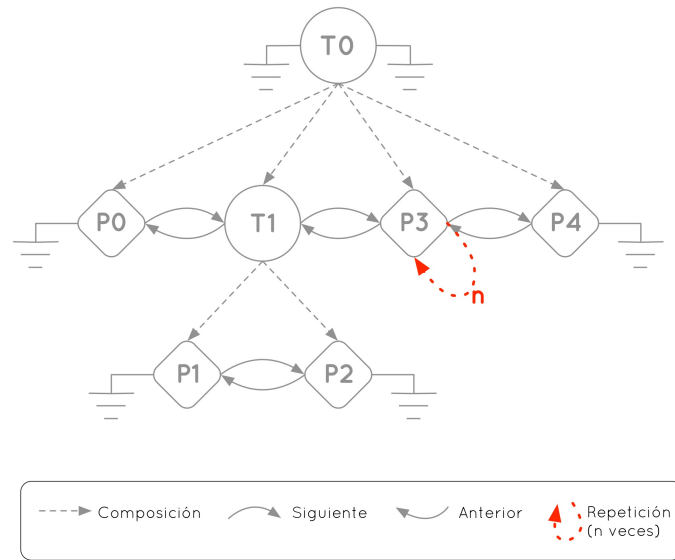


Figura 5.3. Ejemplo de manual con tareas repetitivas representado en formato de árbol.

establecer esta bifurcación, así como las nuevas relaciones, en línea de rayas y puntos.

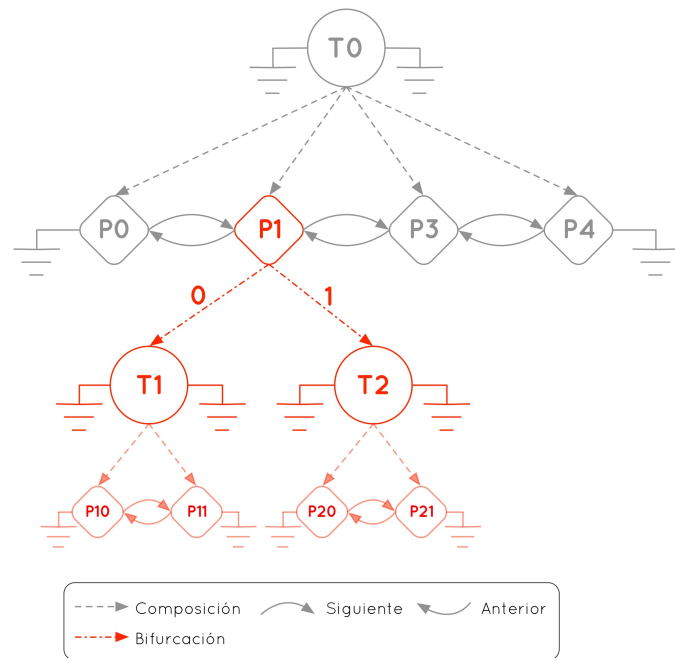


Figura 5.4. Ejemplo de manual con ramificaciones representado en formato de árbol.

Adaptación a la tecnología

Con respecto a la tecnología, gracias al uso de *smartphones* se facilita el acceso a la misma, así como se garantiza la portabilidad. Además resultan dispositivos relativamente accesibles. Más aún si se considera que se puede utilizar el teléfono del propio usuario y, por lo tanto, no es necesario un dispositivo específico para usar AssisT-Task.

Por otro lado, dadas las características interactivas del dispositivo, se debe adaptar tanto la interfaz como la interacción para facilitar el manejo del sistema y evitar que el manejo de la tecnología sea una barrera de acceso a la asistencia. En la Sección 5.4 se detalla el proceso de diseño, así como diferentes capturas de pantalla de la interfaz.

Adaptación al contexto

Como se vio en la Sección 4.2 del capítulo anterior, el contexto se puede describir en base a cuatro componentes: físico, social, cultural e institucional. En este caso, la adaptación al contexto viene limitada a la componente física. En concreto, dadas las posibles limitaciones en la conexión a Internet por factores contextuales (baja señal, ausencia de red WiFi, etc.), el sistema se puede utilizar tanto en modo conectado como no conectado, evitando así cortes en la recepción de información y fallos en la carga de imágenes.

5.1.4. Registro

Los cuidadores deben recibir un registro de ejecución para poder analizar y evaluar el rendimiento del usuario. Por ello, el sistema cuenta con un mecanismo de registro personalizado en el que se guarda toda acción que ocurre en el teléfono, tanto interacciones como alarmas o errores eventuales. Al finalizar la tarea, este registro se recopila y se envía por email al cuidador para su análisis.

De forma complementaria a este registro automático, AssisT-Task cuenta con un mecanismo opcional de auto-evaluación. Así, al terminar la tarea se pregunta al usuario sobre su desempeño (si cree que ha hecho la tarea y si cree que ha cometido algún error) y, posteriormente, se ofrece la opción al cuidador de añadir notas sobre su realización y valorarla. Este mecanismo de evaluación permite establecer correlaciones entre la valoración del usuario y la del cuidador, que pueden ayudar a comprender mejor el rendimiento del usuario.

5.2. Arquitectura

A lo largo del desarrollo del sistema, la arquitectura ha sufrido cambios para cubrir las nuevas necesidades y funcionalidades. Si bien el sistema se basa en un esquema cliente – servidor, las tecnologías empleadas han variado a lo largo del desarrollo de la tesis. Así, se ha pasado de un sistema basado en arquitecturas propias de la Inteligencia Ambiental, a un sistema basado en servicios web, extensamente utilizados en el desarrollo de aplicaciones móviles y, como se verá más adelante, compatible con el resto de módulos que componen el sistema.

En la primera versión del módulo (denominado inicialmente “aQRdate”), la arquitectura seguía un modelo de “Pizarra” [105], en la que se modelaba el entorno. En concreto, se hizo uso del despliegue disponible en el Laboratorio de Inteligencia Ambiental (AmILab) de la Universidad Autónoma de Madrid [106, 107]. Esta capa intermedia, o *middleware*, permite representar entornos inteligentes mediante ontologías. Así, se definieron las clases y entidades necesarias, así como las relaciones posibles, para poder modelar usuarios y tareas.

A pesar de la potencia de esta capa intermedia, tras una fase de pruebas en un entorno real y con usuarios con diversidad funcional intelectual, la comunicación con el *smartphone* resultaba demasiado pesada y el tiempo de carga no era apropiado. Esto se debía al proceso de búsqueda de pasos, que obligaba a recorrer el modelo cada vez que el usuario avanzaba/retrocedía. Con la intención de reducir este proceso, se implementó una solución intermedia: un servicio de comunicación entre el servidor y el *smartphone* que, una vez leído el modelo de la Pizarra, generaba estructuras de tipo árbol y ofrecía una interfaz de programación (API) para acceso directo a las tareas, pasos, etc. En la Figura 5.5 se presenta un diagrama de la arquitectura con el servidor intermedio. Como se puede apreciar, dentro de la Pizarra se modelan los diferentes elementos (en este caso usuario, tareas y pasos) y tanto el cliente móvil como la herramienta de autor se comunican con el servicio intermedio.

Aunque los tiempos de carga mejoraron sensiblemente, la percepción de los expertos y de los usuarios fue que el sistema aún era lento y, además, requería de una conexión constante y rápida a Internet, incumpliendo así con el requisito de adaptación al contexto.

Por lo tanto, se decidió variar la arquitectura a una más flexible y que no sobrecargase tanto la comunicación, además de poder ofrecer servicio sin estar conectado a la red. Para ello, se tuvo que cambiar la filosofía de servidor y proponer uno basado en web y bases de datos relacionales. De esta forma, el *smartphone* podría replicar la información del servidor y permitir el acceso a la información aún sin estar conectado a Internet.



Figura 5.5. Arquitectura de inicial de aQRdate.

Así, la arquitectura actual del sistema quedaría representada como se muestra en la Figura 5.6. El servidor está basado en servicios web y se compone de un repositorio de imágenes y una base de datos. En el repositorio de imágenes se almacena todo el contenido visual que se necesitará para mostrar los pasos, así como las fotografías de los usuarios. En la base de datos se almacena toda la información relacionada con los usuarios, las tareas, los pasos que las componen y los registros de actividad. Con respecto a las tablas propias de AssisT-Task, se ha propuesto un modelo lo suficientemente flexible para poder cumplir con las necesidades de definición y adaptación de los manuales, así como la recuperación eficaz de la información.

El servidor web se ha implementado en PHP¹ y se ha usado MySQL² como motor de base de datos. Esta combinación de tecnologías es muy común en desarrollos web, ya que la conexión entre ambas tecnologías es casi transparente y el desarrollo es relativamente rápido. La comunicación entre el cliente y el servidor se mantiene mediante llamadas *HTTP* estándar. Así, los clientes, tanto de la aplicación móvil como de la herramienta de autor, pueden recuperar (o modificar en el caso de la herramienta de autor) la información que requieran.

Para habilitar el funcionamiento del cliente móvil en situaciones donde no se disponga de conexión a Internet, se ha implementado un mecanismo de descarga de la

¹Para más información, véase: <http://php.net/> (último acceso: enero 2015)

²Para más información, véase: <http://www.mysql.com/> (último acceso: enero 2015)

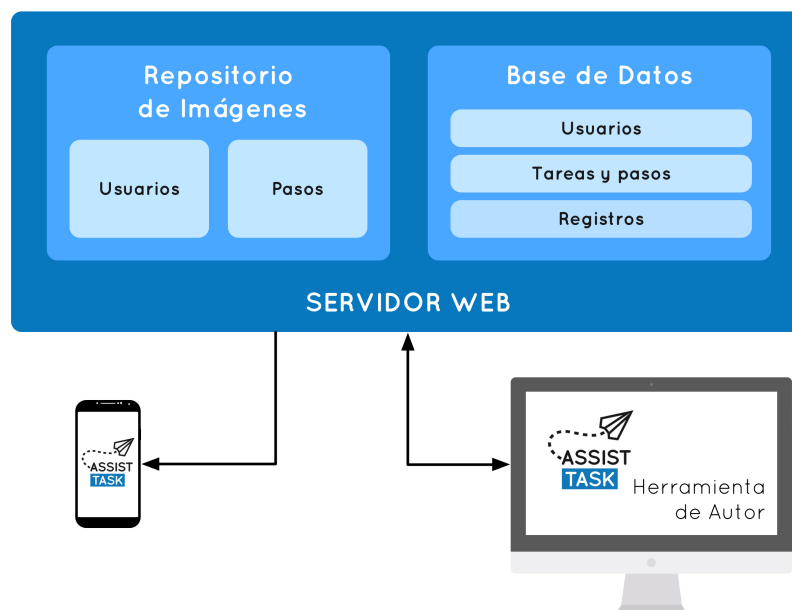


Figura 5.6. AssisT-Task: arquitectura actual.

información del servidor para que sea el propio *smartphone* del usuario el que almacene y analice los manuales en tiempo de ejecución. Como se verá en la Sección 5.4, esta opción es configurable. En la Figura 5.7 se presenta el diagrama de secuencia de la solicitud de la información.

Una vez la aplicación móvil solicita la base de datos del servidor, permanece a la espera de la respuesta. El servidor, al recibir la petición, pide al motor de bases de datos un volcado de las tablas necesarias y, una vez lo recibe, lo convierte al formato adecuado. En este punto, cabe destacar que, mientras el servidor utiliza una base de datos MySQL, el *smartphone* usa SQLite³. A pesar de ser bases de datos relacionales, se requiere de un procesamiento previo de los datos para garantizar la compatibilidad. Tras esto, se envía a la aplicación para que la procese. En este momento, la aplicación actualiza su base de datos con los cambios pertinentes. Una vez se ha actualizado la base de datos, la aplicación móvil analiza las imágenes disponibles y las especificadas en la base de datos. En caso de existir diferencias, solicita al servidor las imágenes faltantes, así como las posibles actualizaciones. Una vez se ha finalizado el proceso de actualización de la información, la comunicación con el servidor se detiene hasta que el usuario finalice su tarea y se deba enviar el registro de actividad.

³Para más información, véase: <http://www.sqlite.org/> (último acceso: enero 2015)

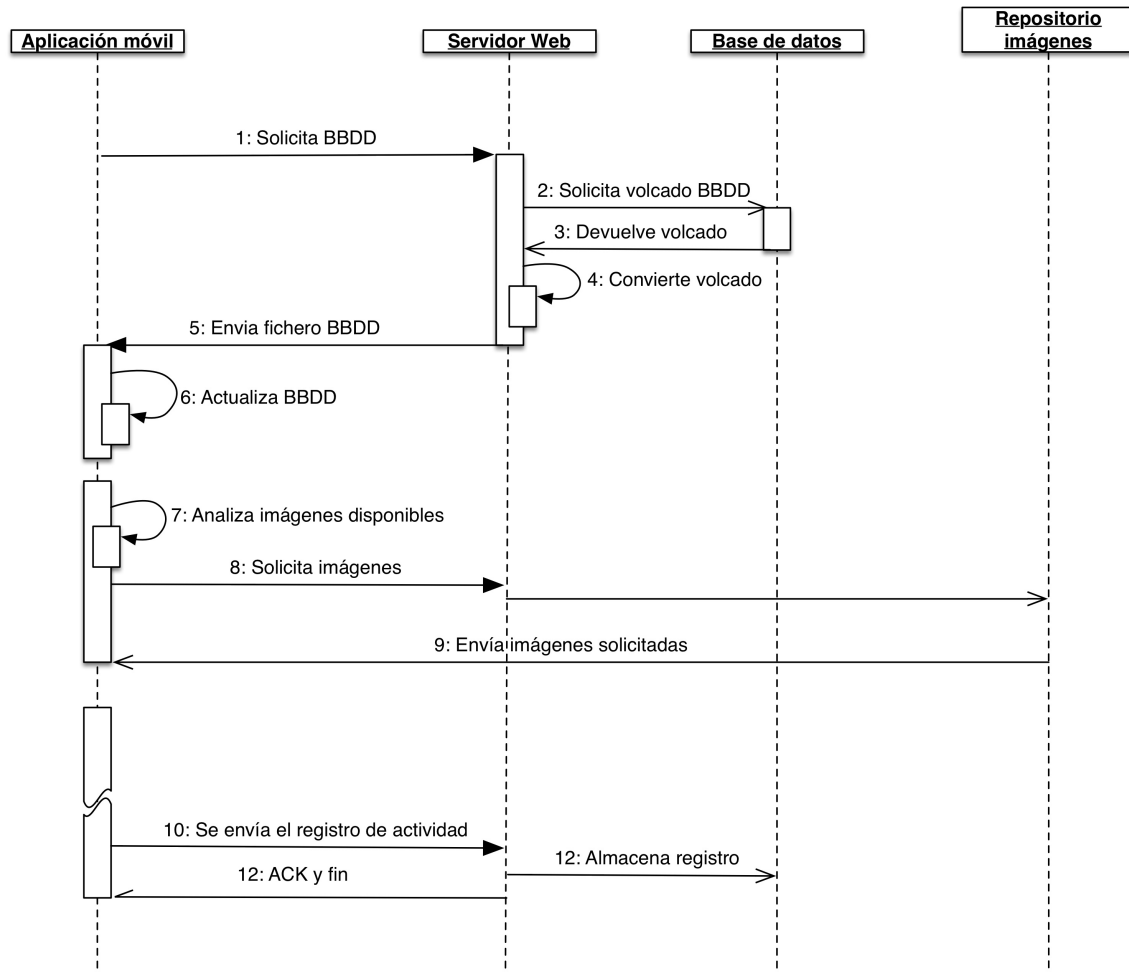


Figura 5.7. AssisT-Task: diagrama de secuencia de comunicación entre la aplicación móvil y el servidor.

5.3. Modelo de datos

Los datos almacenados por la aplicación son tareas y pasos. En la Figura 5.8 se muestra el diagrama entidad-relación de estos elementos. Como se puede ver, cada tarea cuenta con un identificador único, un nombre y un valor verdadero/falso indicando si esa tarea es raíz o no, es decir, es el punto de comienzo de la actividad y, por lo tanto, se puede imprimir y escanear el QR asociado. Por otro lado, los pasos incluyen los atributos para modelar la acción, el contenido, el tipo de contenido (de cara a futuras implementaciones en las que el contenido pueda no ser una imagen, sino cualquier otro elemento multimedia), el número de repeticiones y si existen ramificaciones. En caso de existir las ramificaciones, se creará una nueva relación llamada “ramifica”, etiquetada con el número de opción correspondiente y que conectará con las posibles tareas destino.

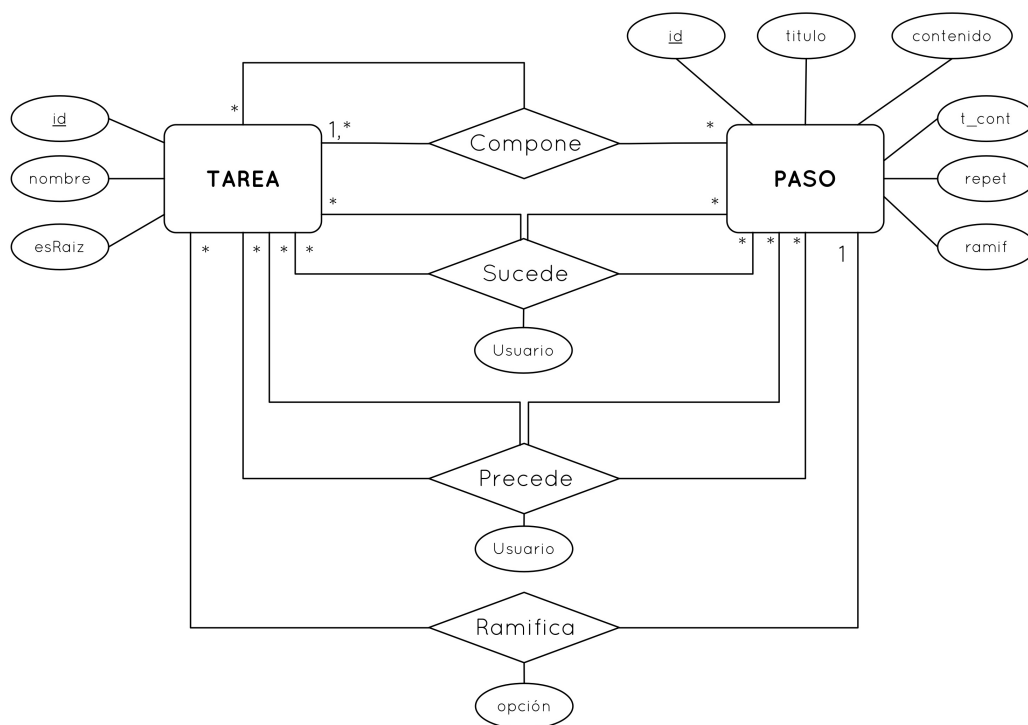


Figura 5.8. AssisT-Task: diagrama entidad-relación del modelo de datos.

Con respecto a las relaciones, una tarea se compone de múltiples pasos o tareas. Sin embargo, un paso sólo puede componer una única tarea. No es así con las tareas, que pueden componer múltiples tareas. Esta diferencia se debe a que, si bien las tareas se plantean como unidades de información reutilizables, los pasos no, ya que pueden requerir contenidos diferentes (por ejemplo, dos pasos pueden ofrecer la misma instrucción, pero la imagen mostrada puede ser diferente).

Por otro lado, las relaciones de posición son las encargadas de modelar la secuencia. Para poder ofrecer la adaptación al usuario, las relaciones de precedencia/sucesión van etiquetadas con el atributo “usuario”, de forma que, dependiendo de este, el elemento con el que se conecta puede ser diferente. En el caso de las relaciones de posición creadas por la propia naturaleza del manual, es decir, que no vienen determinadas por la adaptación, la etiqueta se corresponde con un usuario genérico.

Con este modelo, tanto la aplicación móvil como la herramienta de autor son capaces de gestionar y reproducir las secuencias mediante consultas a la base de datos. Es decir, dado un QR, la aplicación móvil es capaz de extraer la secuencia de pasos adaptada tanto al usuario como a la actividad y, por otro lado, la herramienta de autor puede implementar mecanismos para la creación y edición de los manuales, con todas sus características asociadas.

Por ejemplo, en la Figura 5.9 se ha modelado una tarea (T0) que incluye todos los tipos de elementos y relaciones: el primer paso (P0) se debe repetir un número de veces; el siguiente (P1) es un paso de selección múltiple con dos posibles opciones; en tercer lugar se encuentra una tarea (T3) compuesta de dos pasos y, por último, se encuentra el paso (P4). Además, la secuencia se ha adaptado para un cierto usuario de forma que, una vez realizado el paso (P1), se debe saltar directamente al paso (P4).

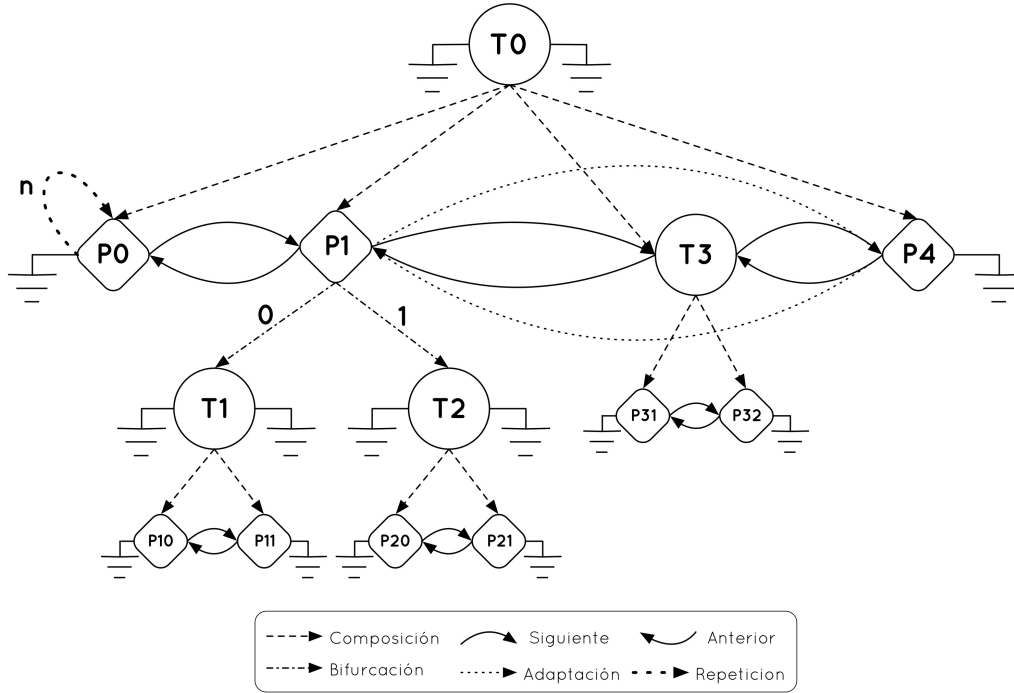


Figura 5.9. AssisT-Task: modelado de un manual de ejemplo.

Para mostrar la secuencia de pasos que componen la tarea, se podría implementar el pseudocódigo de la Figura 5.10. En este primer bloque se incluiría la inicialización del sistema, una vez se ha identificado al usuario, escaneado y descodificado un código QR con el identificador de la tarea a realizar (raíz). El mecanismo utiliza una estructura de datos tipo pila donde guarda los ancestros del nodo que se está visitando. Esta estructura es fundamental para poder seguir la secuencia en las ramificaciones. Además, a la hora de solicitar el nodo siguiente o anterior a uno dado, se sigue una prioridad: en caso de existir una relación etiquetada para ese usuario en concreto, se seguirá; en caso contrario, se tomará la del usuario por defecto. En los diferentes fragmentos de pseudocódigo que se muestran a continuación se ha seguido esta prioridad, pero se ha omitido del código para clarificar.

El siguiente paso es ordenar los hijos del nodo que se está visitando (raíz). Como se puede ver en el código, se ha optado por un método sencillo que consiste en buscar el primer nodo cuyo nodo anterior sea *null*, es decir, que no tenga anterior. Esta misma idea se utiliza para ordenar el resto de nodos. Se ha llegado al final cuando el nodo

siguiente es nulo. Una vez se han ordenado los pasos, se muestra el primero de ellos. Así, el orden de los hijos del árbol del ejemplo sería P0 – P1 – T3 – P4, y se mostraría P0 para un usuario cualquiera, o P0 – P1 – P4 para el usuario adaptado.

```

1  inicializar(Nodo raiz , Usuario u)
2      usuario ← u
3      padres ← nueva Pila (Nodo)
4      mostrarNodo(raiz , 'normal')
5
6  ordenarHijos(Nodo padre)
7      Para cada nodo hijo ∈ padre.hijos
8          Si hijo.anterior ≠ null entonces
9              ordenados[0] ← hijo
10             parar
11         i ← 1
12         Mientras que ordenados[i-1].siguiente ≠ null
13             ordenados[i] ← ordenados[i-1].siguiente
14             incrementar i

```

Figura 5.10. AssisT-Task: pseudocódigo para inicializar el manual y ordenar los hijos de un nodo.

A la hora de mostrar un nodo, se debe distinguir si se trata de un nodo de tipo paso, y por lo tanto se deberá generar la pantalla correspondiente, o si se trata de una tarea, por lo que se debe recorrer el sub-árbol que pende de ella. Así, en la Figura 5.11 se muestra el pseudocódigo que podría implementar esta funcionalidad.

Si se trata de un nodo de tipo tarea, se incluye en la pila de padres, se ordenan sus hijos y se recorre el sub-árbol, es decir, se muestran cada uno de sus hijos. Esta llamada es recursiva ya que la tarea puede estar compuesta de otras tareas y, de ahí, que sea necesario guardar la lista de ancestros, para saber en todo momento cuál era la tarea inicial y qué tareas (sub-árboles) hemos recorrido. Además, se debe especificar si el recorrido se está haciendo en orden inverso (es decir, se está volviendo hacia atrás), por lo que se deben visitar los nodos hijos de derecha a izquierda.

En el caso de ser un nodo de tipo paso, se pueden dar tres opciones: que sea de tipo pregunta, que se tenga que repetir o que sea un paso sencillo. En el caso de las ramificaciones (P1 por ejemplo), se debe mostrar la lista de opciones al usuario y, una vez ha seleccionado una de ellas, mostrar el sub-árbol de la tarea elegida. En el ejemplo, T1 o T2. Además, se guarda el nodo actual como padre, ya que hará falta más adelante para poder recuperar la secuencia inicial. Si se trata de un paso que se ha de repetir (P0), se debe distinguir si el número de repeticiones es -1 (que indica que se debe preguntar al usuario) u otro número. En caso de tener que preguntar, se mostrará la pantalla correspondiente y se actualizará el valor de las repeticiones del nodo al valor

introducido. A la hora de repetir un paso, en la pantalla se incluye el número de repeticiones restantes, por lo que la interfaz ha de recibir este valor y actualizarse cada vez. Por último, si es un paso “simple” tan sólo se mostrará la información que contiene y esperará a que el usuario interactúe (pulse anterior o siguiente). El pseudocódigo correspondiente a la pantalla de muestra de un paso se encuentra en la Figura 5.12.

```
1  mostrarNodo(Nodo n, orden)
2      Si n.tipo = TAREA entonces
3          padres.poner(n)
4          ordenarHijos(n)
5          Si orden = 'normal'
6              mostrarNodo(n.hijos[0])
7          Si orden = 'inverso'
8              mostrarNodo(n.hijos[ultimo])
9      Si n.tipo = PASO entonces
10         Si n.esBifurcacion entonces
11             opcion ← mostrarOpciones(n)
12             padres.poner(n)
13             mostrarNodo(opcion)
14         Si n.repeticiones = -1 entonces
15             n.repeticiones ← mostrarRepeticiones(n)
16         Si n.repeticiones > 0 entonces
17             Repetir mientras n.repeticiones > 0
18                 mostrarPantallaPaso(n, n.repeticiones)
19                 decrementar n.repeticiones
20         Si no entonces
21             mostrarPantallaPaso(n, 0)
```

Figura 5.11. AssisT-Task: pseudocódigo para mostrar el contenido de un nodo (paso o tarea).

Cuando se muestra un paso, se ha de esperar a que el usuario pulse sobre uno de los botones (avanzar o retroceder) y calcular el nodo correspondiente (Figura 5.13). En el caso del nodo siguiente se dan varios casos: el primero, y más sencillo, es que el nodo actual tenga un nodo siguiente y, por lo tanto, se muestre directamente (sea para un usuario genérico o para uno adaptado). La siguiente opción sería que el paso no tuviese siguiente (ni para el caso adaptado ni para el genérico). En esa situación, se debe subir un nivel (al padre) y consultar su paso siguiente. Esta llamada es recursiva y se repite hasta que no quedan más padres en la pila y, por lo tanto, el manual se ha acabado. En ese caso se mostraría la pantalla de finalización.

En el caso de querer volver al nodo anterior ocurre algo parecido: si el nodo actual tiene uno anterior (bien sea para el usuario adaptado u otro genérico), se visitará ese nodo. Si no existe, se visitará al nodo padre (sacándolo de la pila) y se preguntará por su nodo anterior. En caso de no haber elementos en la pila, el nodo actual es el inicio de

```
1  mostrarPantallaPaso(Paso n, repeticiones)
2  mostrarAccion(n.accion)
3  Si repeticiones > 0 entonces
4      mostrarTextoRestantes(repeticiones)
5  mostrarImagen(n.imagen)
6  esperarAccionUsuario
7  Si accion = 'siguiente' entonces
8      nuevonodo ← calcularSiguiente(n)
9      Si nuevoNodo ≠ null
10         mostrarNodo(nuevoNodo)
11     Si no
12         fin()
13     Si accion = 'anterior' entonces
14         nuevonodo ← calcularAnterior(n)
15     Si nuevonodo es PASO
16         mostrarPantallaPaso(nuevoNodo)
17     Si nuevonodo es TAREA
18         mostrarNodo(nuevoNodo. 'inverso ')
```

Figura 5.12. AssisT-Task: pseudocódigo para mostrar la pantalla de un paso.

la secuencia y, por lo tanto se vuelve a recorrer el árbol en modo normal. Este caso no se puede dar ya que el botón atrás se desactiva de forma automática cuando el usuario se encuentra en el primer paso de una secuencia.

5.4. Aplicación móvil

Al igual que la arquitectura, el diseño de la aplicación móvil, su implementación y funcionalidad también han cambiado durante el desarrollo de la tesis. Por un lado, debido a la evolución tecnológica de los *smartphones*, tanto a nivel de *software* como de *hardware* y, por otro lado, gracias a las sugerencias, opiniones y propuestas de expertos en educación especial, rehabilitación y preparación laboral.

Las mejoras tecnológicas han ofrecido la oportunidad de crear interfaces más ricas, multimodales y reutilizables, así como delegar carga computacional al dispositivo, en lugar de depender de un servidor remoto. Así, se ha seguido un proceso de diseño centrado en el usuario [108], siguiendo el ciclo iterativo de la Figura 5.14, que se ha repetido tres veces, obteniendo dos prototipos intermedios y una versión final, propuesta como resultado de la tesis y evaluada formalmente con usuarios con diversidad funcional intelectual (ver Sección 5.6)

```

1  calcularSiguiente(n)
2    Si n.siguiente ≠ null entonces
3      devuelve ns
4    Si no entonces
5      Si padres.estaVacio() = falso entonces
6        devuelve calcularSiguiente(padres.sacar())
7      Si no entonces
8        devuelve null
9
10 calcularAnterior(n)
11   Si n.anterior ≠ null entonces
12     devuelve n.anterior
13   Si no entonces
14     Si padres.estaVacio() = falso entonces
15       devuelve calcularAnterior(mostrarNodo(
16         padres.sacar(), 'inverso'))
17     Si no entonces
18       devuelve mostrarNodo(raiz, 'normal')

```

Figura 5.13. AssisT-Task: pseudocódigo para calcular el nodo siguiente/anterior a un nodo dado.

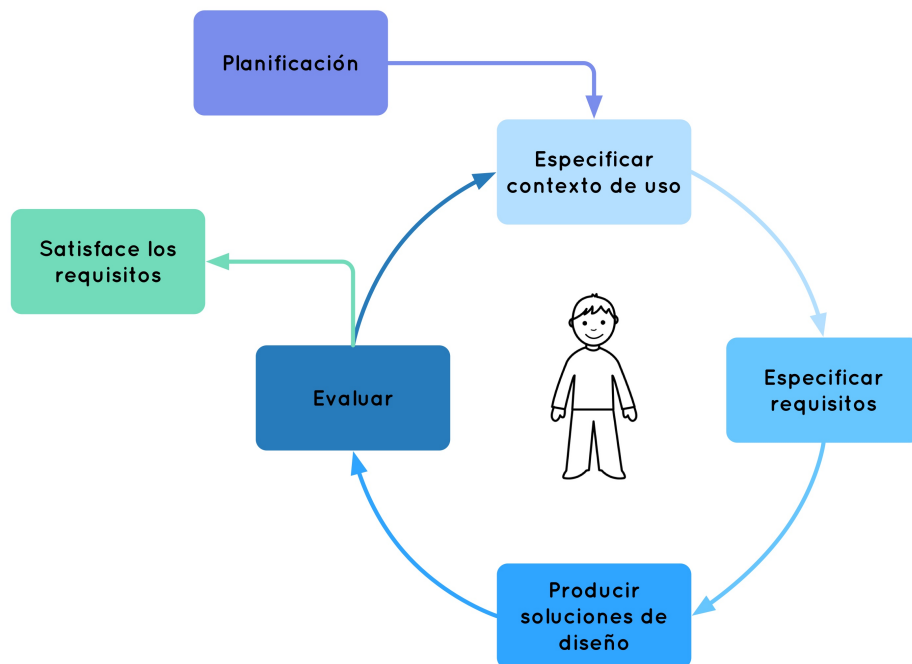


Figura 5.14. Ciclo de diseño centrado en el usuario

En cada iteración se planteaba identificar, lo primero, el contexto de uso y las necesidades del usuario. En este sentido, las aportaciones de los expertos en diversidad

funcional fueron fundamentales en cada una de las iteraciones. De las propuestas, se escogía la que mejor se adaptaba a las necesidades del usuario, tarea, tecnología disponible y contexto, como se especificó de acuerdo al modelo HAAT, y se planteaba una solución que debía ser probada.

El funcionamiento de la aplicación en las diferentes implementaciones es muy similar: una vez el usuario arranca la aplicación con su móvil, automáticamente se abre la pantalla para capturar el QR que identifica la tarea a realizar. Con tan sólo apuntar con el teléfono hacia el código, automáticamente se captura, descodifica y procesa para generar el manual. Tras esto, se le muestran los pasos a seguir para completar la tarea. Cada paso, esencialmente, se compone de una instrucción (o acción) y un apoyo visual, es decir, una imagen descriptiva que ayuda a entender la instrucción. En todo momento el usuario puede navegar por los diferentes pasos que componen la tarea, hasta finalizarla. Una vez concluida, se le muestra un mensaje de despedida y refuerzo positivo, y se cierra la aplicación. A continuación se detallan las particularidades, funcionalidad y diseños de cada uno de los prototipos que se desarrollaron y probaron.

5.4.1. Primer prototipo

El primer prototipo, aQRdate, permitía la presentación de manuales puramente lineales, es decir, no se permitían ramificaciones ni repeticiones, aunque sí existía la posibilidad de adaptar la secuencia al avance de cada usuario (ver Sección 5.1.3). A pesar de admitir diferentes usuarios, para cambiar de uno a otro se requería reconfigurar la aplicación para especificar el nombre del nuevo usuario y así proveer una experiencia y registro de actividad personalizados.

Con respecto a las funcionalidades, este prototipo permitía establecer alarmas de aviso, es decir, si transcurrido un cierto tiempo desde que se cargó el paso, el usuario no había interactuado con el dispositivo, se activa una alarma sonora y háptica para notificar al usuario y sacarle del posible bloqueo. La alarma sonora podía ser, o bien un pitido, o bien la lectura en voz alta de la instrucción.

Relacionado con esto, el prototipo permitía la lectura automática de la instrucción al cargar cada paso. Así, en el caso de que el usuario no fuese capaz de leer, se le facilitaba el paso a realizar por medios alternativos. Al finalizar la tarea, la aplicación guardaba el registro de actividad en el propio terminal, así como en un servidor remoto (por FTP) y enviaba una copia por correo electrónico a la cuenta del cuidador.

Con respecto a la interfaz de usuario, la Figura 5.15 recopila la secuencia de las diferentes pantallas de la aplicación (de izquierda a derecha y de arriba a abajo): pantalla de carga inicial, captura del código QR, primer paso de la tarea, último paso de la tarea y pantalla de cierre de la aplicación. Las pantallas de inicio y fin se muestran mientras

se realiza la carga de datos o el guardado del registro, en un segundo plano. Para la captura y decodificación de códigos QR se emplea la aplicación BarcodeScanner⁴ que, junto a la biblioteca ofrecida por el desarrollador, permite acceder a la información codificada en códigos tipo QR de una forma muy sencilla y transparente.

Con respecto a la información mostrada en cada uno de los pasos de la secuencia, como se aprecia en las pantallas tercera y cuarta, en la parte superior se encontraba la instrucción a realizar. Justo debajo, se mostraba la imagen representativa de la acción. En fuente de menor tamaño y justo debajo de la imagen, se colocó un texto informando sobre el paso actual y el total de pasos de la secuencia. Así, el usuario puede conocer su posición y cuántos pasos le faltan para completar la tarea. Finalmente, en la parte inferior de la pantalla se encontraban los controles para navegar por los pasos. Desde el punto de vista de implementación, son botones estándar del sistema en los que se ha cargado una imagen en lugar de colocar un texto. En el primer paso, el botón hacia atrás se ha eliminado, mientras que en el último es el botón siguiente el que se oculta. Así, se evita que el usuario intente retroceder/avanzar en casos donde no es posible. Una vez completado el último paso, el usuario debía pulsar la tecla física del teléfono “atrás”. De esta forma, la aplicación identificaba el final y procedía a la recolección y envío del registro.

En la evaluación del prototipo se contó con la participación de un usuario con daño cerebral adquirido que realizó una tarea, tanto en el centro de rehabilitación como en su domicilio. En concreto, se pedía preparar un desayuno con café con leche, zumo de naranja y tostadas con mantequilla y mermelada. Tanto la selección de la tarea, como la definición de los pasos y la selección de imágenes fue responsabilidad de los médicos y terapeutas ocupacionales del CEADAC. Así, se obtuvieron un total de 44 pasos.

El usuario realizó la tarea 14 veces, con diferentes tipos de apoyo y en dos escenarios diferentes: en la primera sesión, la terapeuta encargada de su rehabilitación le guió en la preparación del desayuno mediante instrucciones orales. De esta forma, se tomó un tiempo de base para luego poder analizar su evolución. Las tres sesiones siguientes tuvieron lugar en el CEADAC, durante las horas de terapia, y como apoyo se utilizó la aplicación. Una vez comprobado que el usuario era capaz de manejar el teléfono y la aplicación, el resto de sesiones tuvieron lugar en el domicilio.

Conforme avanzaron las sesiones, se detectaron mejoras y se decidió adaptar la secuencia (sesión 11), reduciendo el apoyo prestado de 44 pasos a 21. De acuerdo con los registros, esta adaptación mejoró el rendimiento general del usuario. Finalmente, el personal del CEADAC valoró la evolución del usuario desde el punto de vista clínico, llegando a la conclusión de que era capaz de realizar la tarea por sí mismo, algo que se confirmó en la última sesión, donde preparó el desayuno sin ningún tipo de ayuda.

De la experiencia se concluyó que el sistema funcionó y se mejoraron los tiempos

⁴Disponible en Google PlayTM: <http://goo.gl/wRmnJx> (último acceso: enero 2015)

5.4. APLICACIÓN MÓVIL

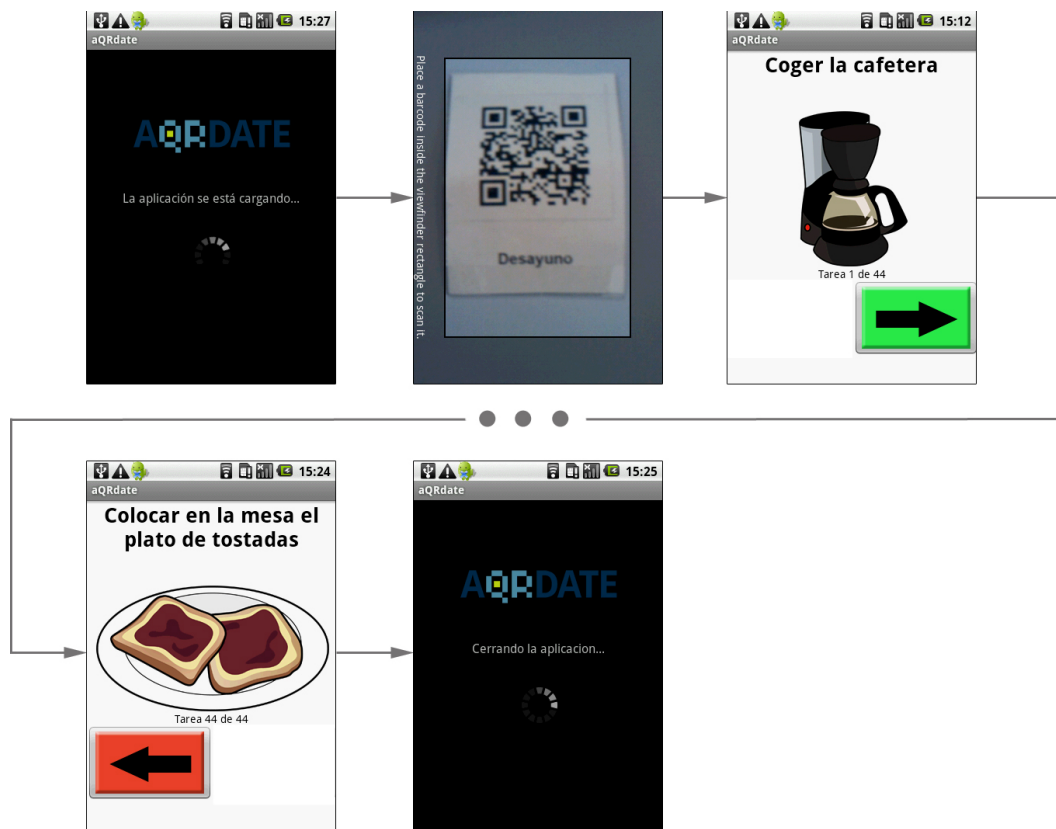


Figura 5.15. AssisT-Task: secuencia de pantallas del primer prototipo

empleados para realizar la tarea programada, quedando validado el prototipo. Sin embargo, de acuerdo a la opinión del propio usuario, sus familiares y los terapeutas al cargo, se podía mejorar la experiencia de usuario. Como ya se había detectado en pruebas en el laboratorio, la arquitectura hacía que se sobrecargase la comunicación, dando la sensación de un sistema lento. Con respecto a la interfaz, aunque el usuario identificó correctamente los botones, estéticamente no eran atractivos. Además, de acuerdo a la opinión de los terapeutas, el color rojo se suele relacionar con prohibición, lo que puede provocar que el usuario no use el botón para volver al paso anterior, saltando así parte de los pasos. Por otro lado, el texto con información sobre el paso actual y el total no pareció relevante y se propuso eliminarlo de la interfaz para el nuevo prototipo.

5.4.2. Segundo prototipo

El segundo prototipo supuso un cambio en la arquitectura, pasando del modelo basado en la Pizarra, a la basada en servicios web. Este desarrollo resultó en una mejora muy sustancial en cuanto al rendimiento y fluidez del sistema. Por otro lado, la interfaz se rediseñó por completo, de acuerdo a las ideas surgidas de la evaluación del primer prototipo, así como los cambios tecnológicos de los dispositivos: muchos fabricantes

decidieron eliminar los botones físicos, por lo que se debía cambiar el mecanismo de salida de la aplicación. Estos cambios, unidos al desarrollo de los otros módulos del sistema integral, supusieron un cambio de iconografía y nombre, pasando a denominarse AssisT-Task.

En cuanto a la funcionalidad, en esta nueva versión se añade la posibilidad de funcionamiento multiusuario completa. Es decir, en lugar de tener que recargar la configuración de la aplicación cada vez que se desee cambiar de usuario, la selección se realiza en una pantalla inicial añadida para tal efecto. Así, una vez se abre la aplicación, se muestra una lista donde el usuario se debe seleccionar y así obtener un guiado y registro personalizado. Esta pantalla se ha diseñado cuidadosamente junto con expertos en la formación y rehabilitación de personas con diversidad funcional intelectual. Como muestra la Figura 5.16, en la parte superior de la interfaz se presenta el nombre del usuario, o sobrenombre en caso de que se haya registrado uno. Justo debajo, se muestra la fotografía del usuario (nótese que en la figura se ha distorsionado la imagen para preservar la privacidad del usuario). De esta forma, no solo pueden buscarse por el nombre, sino que pueden identificarse mediante la fotografía. Esto facilita la búsqueda para los usuarios con dificultades para la lectura. Como controles se utilizan los botones estándar de la plataforma, contando con dos para la navegación por la lista, uno para aceptar y otro para salir.

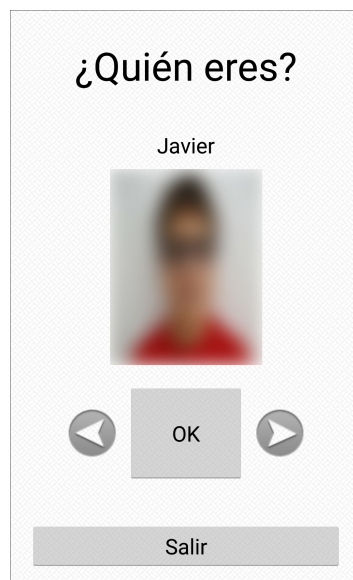


Figura 5.16. AssisT-Task: Pantalla de selección de usuario.

Con respecto a la interfaz, si bien se mantuvo la misma filosofía y distribución del espacio, estéticamente se realizaron los siguientes cambios:

- Modo pantalla completa: ahora la aplicación funciona en modo pantalla completa, ocultando la barra de estado del dispositivo. Esta barra es la encargada de mostrar

las notificaciones, hora, nivel de batería, cobertura, etc. A la hora de plantear el nuevo diseño, y dado que la plataforma ya lo soportaba, se decidió ocultarla para reducir la cantidad de información mostrada.

- Adaptación al tamaño y formato de la pantalla: en este prototipo se realizó un diseño capaz de adaptarse a distintos tamaños de pantalla, pero se bloqueó la orientación para que siempre se muestre en vertical.
- Fondo texturizado: los fondos claros provocan interfaces demasiado brillantes que pueden resultar incómodas a la vista. Así, el fondo utilizado, al tener un patrón en un tono más oscuro, hace que la sensación de brillo sea menor, sin llegar a percibirse como un tono demasiado apagado.
- Información sobre el avance: tal y como reportaron los terapeutas, la información sobre el número de paso actual y el total resultó irrelevante y confusa, por lo que en esta versión se eliminó ese texto.
- Botones: en esta versión los botones son planos y de color amarillo (retroceder) y verde (avanzar), ambos con una flecha negra superpuesta. Esta combinación resulta intuitiva para la forma que suelen tener de trabajar, además los tonos se seleccionaron para ser distinguibles por personas con diferentes tipos de daltonismo y mantener un nivel de contraste aceptable con la flecha. Además, en el primer paso en lugar de desaparecer el botón de retroceso, se deshabilita y cambia su color a gris, de forma que la interfaz no varía en ninguno de los pasos. En el último paso, como se ha añadido una pantalla de despedida, se mantiene habilitado el botón de avance.
- Pantalla de fin: Una vez se completa el último paso y se pulsa avanzar, se muestra una nueva pantalla con un mensaje positivo y un botón para salir.

En la Figura 5.17 se muestra un paso intermedio de una tarea. Como se puede apreciar, las proporciones se han cuidado de forma que el texto y la imagen abarquen la mayor parte del espacio, mientras que los botones se mantienen fijos en la parte inferior de la interfaz. Además, se ha eliminado el borde propio de los botones, dejando un aspecto más plano.

El prototipo se probó por 10 usuarios con síndrome de Down de la Fundación Síndrome de Down de Madrid (FSDM)⁵. Para ello, se empleó un único terminal en el que se cargaron los 10 usuarios, por lo que se debían buscar y seleccionar de la lista. Una vez identificados, debían escanear el QR correspondiente y seguir los pasos hasta terminar la tarea. En esta ocasión se prestó especial atención al manejo de la aplicación y la experiencia de usuario. Así, se propuso una única sesión en la que la aplicación mostraba un manual para realizar un sencillo truco de magia. Al concluirla, se les preguntó en una entrevista informal su opinión sobre la aplicación, estética y

⁵Para más información sobre la FSDM: <http://www.downmadrid.org/> (último acceso: enero 2015)

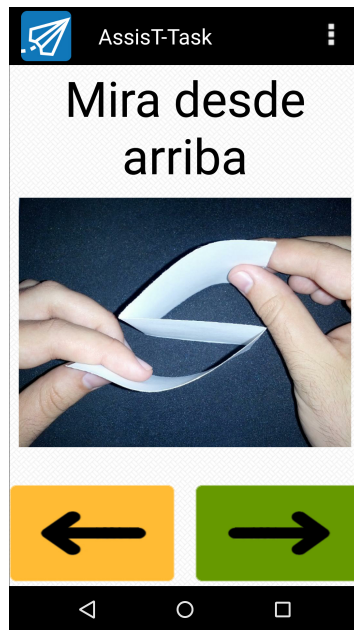


Figura 5.17. AssisT-Task: captura de pantalla de un paso.

experiencia. Del mismo modo, se mantuvo otra discusión con los educadores del centro para recoger su opinión y posibles puntos de mejora. En esta ocasión, la valoración fue mucho más positiva y no se propusieron grandes cambios en lo que a interfaz respecta.

Sin embargo, se detectó una posible fuente de error y es que, debido a la impulsividad de algunos de los usuarios, presionaban el botón de avance demasiado rápido o de forma repetida, lo que hizo que se saltasen pasos. Por otro lado, debido a restricciones en el acceso a Internet de la FSDM, se tuvo que desplegar el servidor dentro de la propia intranet del centro, lo que puede no ser viable en otros entornos. Por lo tanto se propuso mejorar el prototipo haciendo que pudiese funcionar fuera de línea. Finalmente, de cara a poder modelar tareas más complejas, se propuso poder incluir mecanismos de adaptación a la tarea, permitiendo así adaptar las secuencias.

5.4.3. Versión final

El diagrama de módulos que componen la versión final del módulo se muestra en la Figura 5.18. La unidad de control es el núcleo del sistema. Por un lado, realiza todas las gestiones en la comunicación con el servidor, solicitando los datos y enviando los registros de actividad. Por otro lado, es el encargado de crear la secuencia de pasos a partir de la información de la base de datos, el QR escaneado y las necesidades del usuario y la tarea. Esta información se la envía a la interfaz de usuario, quien presenta el paso concreto de forma gráfica y por voz (*Text-To-Speech*, TTS). Además, es la propia interfaz de usuario la que genera los eventos de interacción y se los envía al

5.4. APLICACIÓN MÓVIL

módulo de registro para que, una vez se finalice la tarea, se procesen y se envíen al servidor.

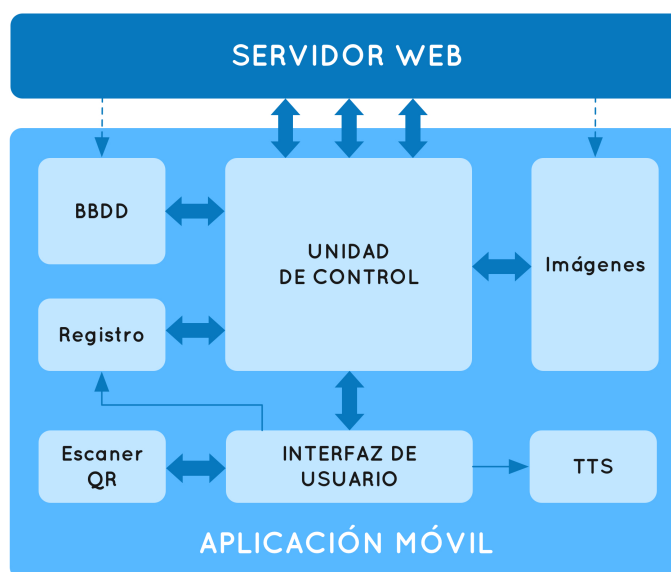


Figura 5.18. AssisT-Task: diagrama de módulos de la aplicación móvil.

Con respecto a la adaptación del usuario, en esta versión se mantuvo la posibilidad de eliminar pasos de la secuencia para usuarios concretos. Por otro lado, tras estudiar la interacción de los usuarios en sesiones de test iniciales, se observó que en muchas ocasiones no prestaban la atención necesaria y avanzaban por la secuencia demasiado rápido. En algunos casos de forma intencionada y en otros por problemas a la hora de interactuar con la pantalla (se pulsaba de forma repetida el botón de avance). Con la intención de reducir el impacto de este problema, y de forma consensuada con los expertos en educación especial, se propuso bloquear la interfaz durante unos segundos en la transición de un paso a otro. De esta forma, se obliga al usuario a atender un mínimo de tiempo a la instrucción y a controlar la impulsividad. Este hecho se remarca gráficamente en la interfaz cambiando el color de los botones a gris (inactivo) y, una vez pasado el tiempo de transición, recuperan su color original (amarillo y verde).

La versión final de la aplicación amplió significativamente las opciones de modelado de tareas y, por lo tanto, funcionalidad del sistema. Al añadirse la adaptación a la tarea, éstas dejaron de ser puramente lineales para poder contener repeticiones y ramificaciones. En algunas ocasiones, el diseño del manual implica que alguno de los pasos se tenga que repetir un cierto número de veces. Esta funcionalidad viene motivada por el hecho de que, en muchas ocasiones, a muchas personas con diversidad funcional intelectual les resulta más sencillo comprender una orden simple y repetir una instrucción mecánicamente una serie de veces, que comprender una más compleja.

Por ejemplo, imaginemos la tarea ensobrar. Llegado el momento de cerrar los so-



Figura 5.19. AssisT-Task: capturas de pantalla de las repeticiones. En (a), se pregunta al usuario por el número de repeticiones. En (b), se muestra el paso, con la indicación del número de repeticiones restantes.

bres, es muy probable que a un usuario le resulte más sencillo comprender la instrucción “cierra el sobre”, que “cierra 12 sobres”. Así, se mantienen las instrucciones en formato atómico, claras y fácilmente entendibles, mientras que se ofrece la posibilidad de incluir información condicional y complejidad a la secuencia sin requerir una capacidad cognitiva mucho mayor.

La Figura 5.19 contiene capturas de las pantallas que se muestran al usuario en los pasos que implican repetición. La Figura (a) se corresponde con la pregunta sobre el número de repeticiones. Como se puede observar, justo debajo de la pregunta del número de repeticiones, se incluye la instrucción a realizar. En este caso, “Pulsa copiar”. Debajo se incluye el contador y, a su derecha, los botones para incrementar o decrementar ese número. En la parte inferior de la interfaz está el botón para aceptar y continuar con la tarea. Por otro lado, la Figura (b) se corresponde con un paso que se ha de repetir (bien se haya indicado tanto en tiempo de diseño como de ejecución). En este caso, justo debajo de la instrucción se ha incluido el número de repeticiones restantes. A pesar de parecer que se contradice la decisión de diseño de eliminar la información textual sobre el paso actual y los restantes, en este caso resulta fundamental que el usuario sepa que se está repitiendo el paso. A partir de una prueba de concepto con usuarios, se comprobó que, si no se indicaba nada, se daban situaciones de confusión. Algunos de los usuarios opinaron que “está mal, esto ya lo he hecho” o “¿Por qué sale esto otra vez?”. Una vez añadido el texto con el número de repeticiones restantes, en la mayoría de casos, no hubo ningún tipo de problema.

El segundo mecanismo de adaptación a la tarea son las ramificaciones. En algunas tareas, puede ser necesario cambiar ligeramente la secuencia de pasos de acuerdo a posibles eventos o factores. Por ejemplo, la tarea “hacer la colada” esencialmente es la misma independientemente del tipo de ropa a lavar. Sin embargo, los pasos concretos a seguir dependerán de si es ropa blanca, de color o delicada. Con secuencias puramente lineales se necesitarían definir tres tareas diferentes, con sus QRs asociados y distribuirlos en lugares cercanos a la lavadora. Por lo tanto, el usuario debería ser capaz de identificar el QR correcto de los tres posibles. En el caso de tareas aún más complejas, como hacer fotocopias, nos encontramos con muchas más opciones, dependientes de los diferentes parámetros de configuración (número de caras, tipo de papel, color, densidad, etc.). Por lo tanto, las secuencias puramente lineales resultan poco prácticas. Este hecho motivó el desarrollo de un mecanismo de ramificaciones, de forma que, llegado un cierto momento, se pudiese preguntar al usuario por las necesidades particulares de la actividad y, en base a su respuesta, se adaptase la secuencia. Es decir, se le propone al usuario una lista de opciones y ha de seleccionar una (y sólo una) para continuar.

Desde el punto de vista del diseño del manual, cuando un cuidador quiere incluir una bifurcación, lo que tiene que hacer es crear un nuevo paso, especificar que se trata de una pregunta de selección y enumerar las posibles respuestas. El sistema, automáticamente, crea una nueva actividad por cada respuesta y, dentro de cada una de ellas, se podrán incluir los pasos necesarios. Una vez terminada la bifurcación, la secuencia sigue de acuerdo al hilo principal. En la Figura 5.4 del inicio de este capítulo se puede ver de forma esquemática un ejemplo de tarea que incluye este tipo de ramificaciones.

Desde el punto de vista de interfaz, al llegar a un paso de tipo selección, la pantalla que recibe el usuario difiere un poco de las estándar. En la Figura 5.20 se ha incluido una captura de pantalla a modo de ejemplo. En la parte superior, como en cualquier otro paso, se encuentra la acción a realizar. Como indicación, se recomienda plantearla como una pregunta. Justo debajo, se encuentra la lista de opciones. En este caso, se debe seleccionar el tipo de fotocopia, que puede ser simple, de una cara a dos caras o doble cara. En realidad, hay más opciones, pero para verlas hay que hacer *scroll* en la lista. Si bien a priori no parece la mejor opción, como se verá más adelante, esto no ha supuesto ningún problema en la evaluación del prototipo.

Cada opción va acompañada de una casilla de selección. Cuando el usuario toca sobre una de ellas, la casilla se marca como seleccionada pero hasta que no pulsa el botón de avanzar, no se continua con la secuencia. En una primera aproximación, se planteó la opción de que, al tocar sobre una opción se avanzase automáticamente. Sin embargo, esa aproximación presenta dos problemas: el primero de ellos es que cambia la secuencia de interacción que se intenta mantener a lo largo de toda la aplicación. “Atiendo a la instrucción, la realizo y pulso el botón continuar”. Si se obvia el pulsar el botón continuar, se rompe con esta dinámica. Por otro lado, tras un primer test con usuarios, se detectó que algunas ocasiones marcaban una opción de forma involuntaria y, si se avanzaba automáticamente, se producía un error que llevaba a confusión y

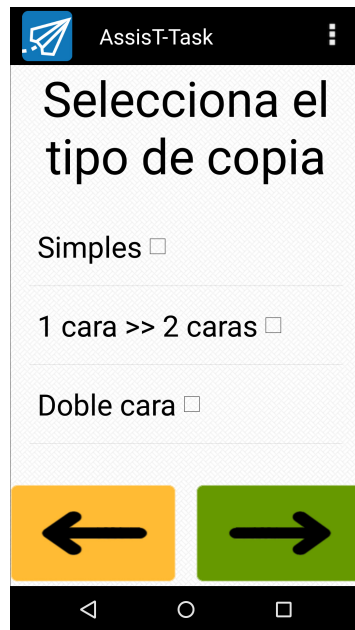


Figura 5.20. AssisT-Task: captura de pantalla de un paso de selección.

frustración.

Como describe el modelo HAAT, el contexto es otro pilar fundamental a la hora de diseñar tecnologías para la asistencia. En versiones anteriores de la aplicación el contexto estuvo presente en el sentido de que se contemplaron diferentes escenarios de uso (entorno doméstico, educativo o laboral) y las diferentes tareas a desempeñar. Sin embargo, otros aspectos del contexto se dieron por hecho, como que existía conexión a Internet. Cuando se programó la evaluación de la herramienta, surgió el problema de que, si bien el centro contaba con acceso a Internet y se pudo conectar el *smartphone* de prueba, por motivos de seguridad la navegación estaba limitada y no se podía acceder al servidor del sistema. Este hecho motivó el desarrollo de un sistema de protección frente a pérdidas o falta de acceso a la Red. Se puede plantear que, ante la falta de conexión a una red inalámbrica se podría haber hecho uso del acceso a Internet a través de la red móvil. Esta opción, que aparentemente resolvería el problema, plantea otras cuestiones, como ¿quién ha de pagar esa conexión? ¿Qué pasa en zonas donde no hay cobertura (un sótano por ejemplo)? ¿Y en zonas donde el acceso no es de alta velocidad?

Así, en esta versión final, la conexión con el servidor solo se realiza al inicio del programa (para descargar los datos) y al final (para enviar la copia del registro de actividad). Sin embargo, en caso de no haber conexión con el servidor o que no se desee conectar cada vez, existe la opción de configurar la aplicación para que trabaje siempre fuera de línea. Es decir, se descarga toda la información conectando el teléfono a una red fiable al iniciar el periodo de asistencia y se mantiene desconectado el resto del tiempo de uso. En caso de querer actualizar la base de datos del terminal, basta

5.4. APLICACIÓN MÓVIL

con conectar de nuevo a Internet, marcar el modo de trabajo como *online* y descargar los datos.

Este mecanismo, además de permitir que la aplicación funcione en diversos entornos, hace que sea más robusta frente a errores debidos a pérdidas en la conexión a la red o señal deficiente y es más eficiente en cuanto a consumo de batería, ya que al no haber transferencia continua de datos, se pueden mantener apagadas las distintas conexiones de red.

Finalmente, otro aspecto en el que se mejoró este prototipo frente a los anteriores fue en el *feedback* recibido por parte de los cuidadores. De forma opcional y configurable, al concluir la tarea se presenta una pequeña encuesta al usuario para que auto-evalúe su trabajo y, posteriormente, otra para que sea el cuidador el que valore el desempeño. Toda esta información queda registrada y se guarda junto con el resto del registro de actividad para poder ser analizada.

Las pantallas correspondientes a estas encuestas se encuentran en la Figura 5.21. La captura (a) se corresponde con la auto-evaluación del usuario. Mediante esas dos preguntas (“¿Has cometido errores?” y “¿Lo has hecho bien?”), además de recopilar información subjetiva sobre el desempeño, se trabaja la auto-crítica y valoración, áreas en las que se suele trabajar durante el periodo formativo. La captura (b) se corresponde con la encuesta para el cuidador. En ella se puede reflejar si ha existido apoyo adicional y el nivel de éste, así como reflejar cualquier observación que el cuidador considere útil de cara al análisis posterior.

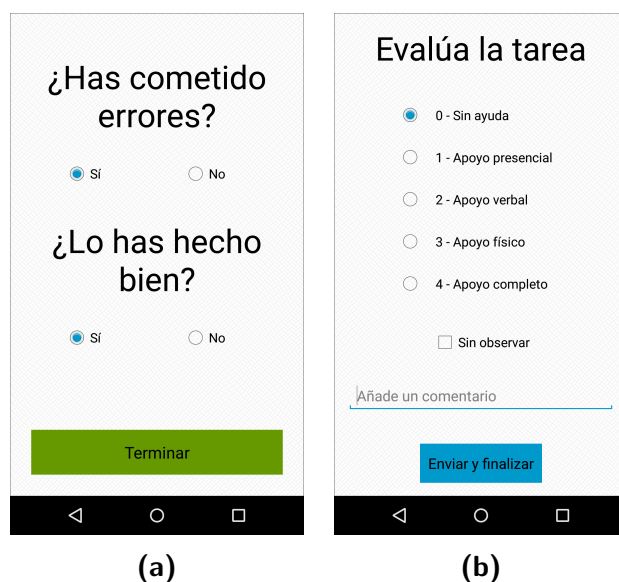


Figura 5.21. AssisT-Task: capturas de pantalla de la auto-evaluación (a) y evaluación del cuidador (b).

Una vez cumplidos los requisitos del sistema de la versión final, se llevó a cabo una

evaluación exhaustiva con usuarios con diversidad funcional intelectual. En la Sección 5.6 se describe en detalle este proceso, la metodología seguida, los participantes y los resultados obtenidos.

Como ha quedado reflejado a lo largo de esta sección, seguir un proceso de diseño centrado en el usuario e iterativo ha permitido proponer y evaluar prototipos de forma efectiva, previendo limitaciones, resolviendo problemas surgidos sin generar nuevos y de forma adaptada a las necesidades del usuario, la actividad, la tecnología disponible y el contexto. Además, el nivel de aceptación tanto por parte de los usuarios como por parte de los cuidadores de la versión final fue muy satisfactorio.

A modo de resumen, en la Tabla 5.1 se han recopilado los aspectos más importantes de cada uno de los prototipos, de forma que se pueden comparar sus características de una forma compacta y visual. La clasificación de las características se ha dividido en tres grupos: funcionalidad, capacidad de adaptación e interfaz. A modo de apunte final, también se ha incluido el *hardware* sobre el que se han hecho las pruebas, así como las versiones de *Android*TM compatibles con cada prototipo.

5.5. Herramienta de autor

Toda la información relacionada con las tareas y los pasos se genera a través de una herramienta de autor desarrollada específicamente para ser usada por los cuidadores y educadores. Esta herramienta habilita la aceptación del sistema por parte de los cuidadores, ya que son ellos mismos los que pueden gestionar las tareas, sin depender de técnicos. Así, se potencia la accesibilidad y distribución de la tecnología, y se facilita la configuración, actualización y reemplazo de la misma.

La herramienta de autor consiste en una herramienta gráfica para ordenador que permite visualizar y gestionar (crear, editar y borrar) tanto las tareas como los pasos que las componen. A través de ella, no sólo se pueden modificar los contenidos (imágenes, textos, etc.), sino que también permite la adaptación de las secuencias a la evolución de los diferentes usuarios y generar los códigos QR correspondientes.

La interacción con los elementos de la herramienta se basa en “*drag and drop*” (arrastrar y soltar), de forma muy similar a como funcionan algunas aplicaciones ofimáticas. En la Figura 5.22 se muestra una captura de pantalla de la interfaz. En la parte izquierda de la ventana, se encuentra la lista de tareas disponibles en el sistema. Al hacer click en una de ellas se abre, en la zona derecha, el contenido (pasos y tareas) que la componen.

En el ejemplo de la figura se muestran los pasos correspondientes a la tarea “Preparar café”. Cada uno de ellos viene representado por la instrucción y la imagen asociada.

5.5. HERRAMIENTA DE AUTOR

	PROTOTIPO 1	PROTOTIPO 2	VERSIÓN FINAL
<i>Funcionalidad</i>			
Secuencia	Lineal	Lineal	No lineal
Usuarios	1	Varios	Varios
Alarmas	✓	✓	✓
TTS	✓	✓	✓
Registro	FTP, email, local	FTP, email, local	BBDD, email, local
<i>Adaptación</i>			
Usuario	✓	✓	✓
Tarea	✗	✗	✓
Tecnología	✗	✓	✓
Contexto	✗	✗	✓
<i>Interfaz</i>			
Fondo	Blanco	Textura	Textura
Texto	✓	✓	✓
Imagen	✓	✓	✓
Posición	Paso X de Y	✗	✗
Botones	Imagen incrustada Con borde Rojo/Verde	Imagen Sin borde Amarillo/Verde	Imagen Sin borde Amarillo/Verde Desactivables
<i>Dispositivo</i>			
Marca y modelo	HTC G1/Magic	Google Nexus 4	Google Nexus 5
Versión de software	≤ 2.3	≤ 4.2	≤ 5.0

Tabla 5.1. Resumen comparativo de las características de los prototipos de AssisT-Task.

Al hacer click en cada paso se abre el menú de edición, como se muestra en la Figura 5.23, en la zona central se muestran todos los campos editables del paso: instrucción, ruta a la imagen y los controles para especificar si el paso se ha de repetir o si se trata de un paso de bifurcación, por lo que se deben especificar las diferentes opciones. En la zona derecha, se incluye una barra lateral que contiene una vista aproximada similar a la que se mostrará en el *smartphone*.



Figura 5.22. AssisT-Task: captura de pantalla de la herramienta de autoría de manuales. Vista de la tarea.

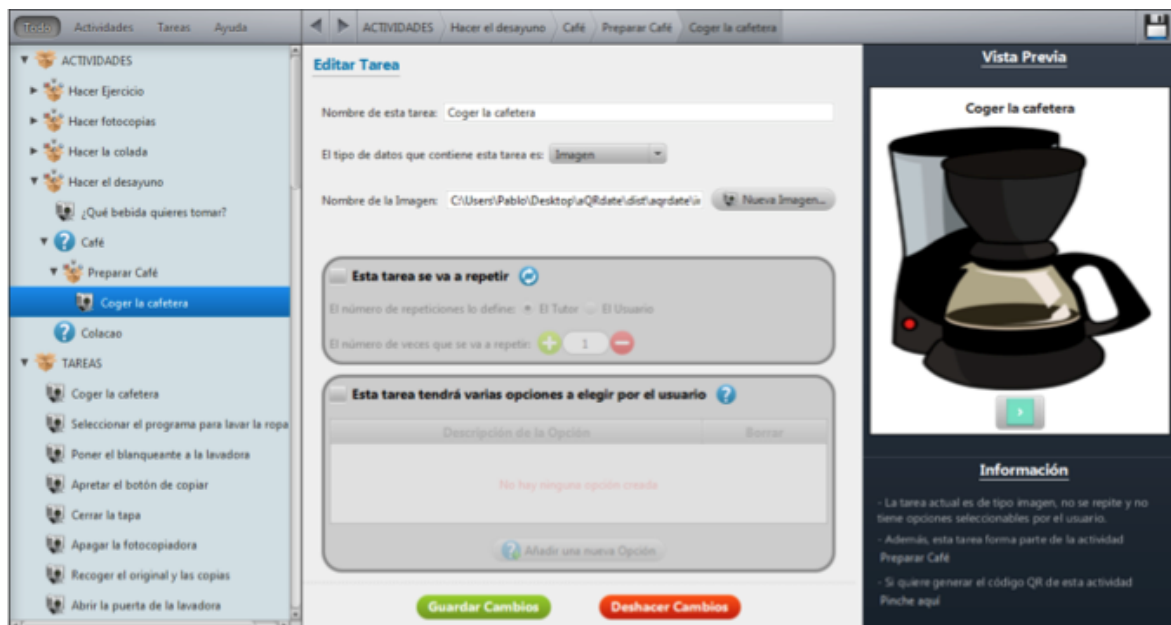


Figura 5.23. AssisT-Task: captura de pantalla de la herramienta de autoría de manuales. Vista de la edición de un paso.

5.6. Evaluación

A pesar de haber seguido un proceso de diseño centrado en el usuario y, por lo tanto, haber reducido la probabilidad de rechazo o falta de adaptación a sus necesidades, se planteó realizar una evaluación exhaustiva con usuarios con diversidad funcional intelectual para validar la versión final del sistema en un entorno real. La intención del estudio fue doble. Por un lado, se quería evaluar la calidad del apoyo prestado a lo largo del tiempo y valorar si la herramienta es usable y los usuarios se pueden beneficiar de ella en su vida diaria, convirtiéndose en un sistema de ayuda, más que en una propuesta o un cambio impuesto en sus vidas. Por otro lado, se quería comparar este sistema frente al apoyo que reciben los usuarios tradicionalmente: fichas. En educación especial y, en concreto, en capacitación laboral, son muy comunes los soportes en papel tipo fichas, en los que se especifican los pasos a seguir para completar tareas, comportamientos, etc. Así, se propuso diseñar un experimento en el que se pudiesen establecer una serie de criterios y medidas que permitiesen valorar, empíricamente, el soporte tradicional frente a AssisT-Task. Tanto en la selección de tareas como en la preparación de los materiales participaron activamente educadores y preparadores laborales.

Este experimento con usuarios se llevó a cabo en la Fundación Síndrome de Down de Madrid (FSDM). Este centro presta servicio a personas con diversidad funcional intelectual desde la infancia hasta la edad adulta, y a sus familiares. En particular, el estudio se llevó a cabo con adultos jóvenes (en torno a 20 años) que reciben la formación necesaria para acceder al mercado laboral. Dentro de esta formación se incluyen tanto el entrenamiento en actividades que pueden darse en un lugar de trabajo (oficinas principalmente), como tareas de reprografía o conserjería, gestión de residuos y reciclaje, limpieza, etc. Para ofrecer una formación lo más adaptada posible, los profesionales del centro valoran a sus estudiantes en base a capacidades, fortalezas y debilidades, incluso se establecen los posibles perfiles o puestos laborales donde podrían desempeñar mejor su función. Esta clasificación por perfiles, como se verá más adelante, ha resultado muy útil para complementar el análisis de los resultados.

Por lo tanto, se trata de una formación muy especializada e individualizada en cuanto a la atención de las necesidades, en la que se cubren los diferentes aspectos desde el punto de vista teórico y práctico, con trabajo individual y en grupo. El entrenamiento en las diferentes tareas se basa principalmente en la repetición, al principio con apoyo directo por parte del educador y soportes en papel. Progresivamente, el apoyo se va reduciendo hasta desaparecer completamente cuando es posible. Este tipo de formación, a pesar de resultar muy beneficiosa para el estudiante, resulta inviable desde el punto de vista de recursos humanos y temporales. Además, la logística asociada hace que se complique extremadamente la programación de las sesiones y, por lo tanto, la frecuencia de repetición no sea suficiente.

Para liberar a los profesores, al menos en algunos casos, se suelen elaborar los ya

mencionados soportes en papel. Se trata de fichas u hojas numeradas en las que se dan las instrucciones necesarias para realizar una (o varias) tareas. Además, se suelen incluir imágenes o pictogramas que refuerzan el mensaje y ayudan a la comprensión de la instrucción. Estos materiales, a pesar de no ofrecer las ventajas de la formación atendida uno a uno, permiten que puedan acceder más personas a los cursos, ya que el profesor se ve un poco más liberado.

En este modelo educativo, AssisT-Task encaja a la perfección. En lugar de elaborar, mantener y personalizar materiales en papel que, como se verá más adelante, en muchas ocasiones lleva a confusión y desorden, se emplean herramientas tecnológicas que, además de permitir capturar más información sobre el desarrollo de la tarea, presentan un aliciente en cuanto a la motivación y alta aceptación que producen entre los jóvenes.

Así, se llevó a cabo un experimento en el que participaron un total de 10 usuarios, divididos en dos grupos equilibrados desde el punto de vista de las capacidades. Los estudiantes realizaron dos tareas diferentes durante una serie de sesiones programadas. Un grupo realizó una tarea con el soporte tradicional en papel y la otra con AssisT-Task, y el otro grupo, al contrario. Así, cada usuario realizó un total de 14 sesiones de prueba (7 para cada tarea).

5.6.1. Metodología

La metodología seguida se puede considerar como un híbrido entre un método de indagación y un método de test [109], ya que comparte características de ambos. Por un lado, el método de indagación implica interactuar con los usuarios y observarles durante las sesiones, lo que puede generar nuevas ideas de diseño y permite mejorar el ajuste inicial de las cuestiones relacionadas con el estética y la usabilidad. Por otro lado, los métodos de test implican utilizar los resultados del trabajo de los usuarios con el sistema para extraer las conclusiones. Así, se han realizado sesiones de discusión en grupo (*“focus groups”*), encuestas y análisis estadístico de datos recopilados durante las sesiones, que son técnicas propias del método de evaluación por indagación. Además se han realizado tests retrospectivos (análisis de los vídeos grabados durante las sesiones), *“thinking aloud”* (pensar en voz alta) [110], *“coaching method”* (método del conductor) y diferentes análisis de las acciones realizadas por los usuarios. Típicamente, estas técnicas se suelen llevar a cabo en evaluaciones basadas en test.

El proceso de evaluación ha tratado de asemejarse lo más posible a una simulación de un entorno real: las tareas se llevaron a cabo en el centro de capacitación laboral y se contó con todo el material necesario que se puede encontrar típicamente en un entorno laboral: equipos informáticos, estanterías con archivadores, armarios, etc. Las sesiones de evaluación tuvieron lugar durante sus horas lectivas. Se aprovecharon los días en los que las clases son de tipo taller, para causar el mínimo impacto en el desarrollo

normal del aula, ya que se iba llamando usuario a usuario para que saliesen del aula y se dirigiesen al espacio donde se iba a realizar la tarea.

Para evitar efectos de acarreo, un mismo usuario no podía realizar la misma tarea empleando los dos tipos de apoyo. En ese caso, no hubiera sido posible discernir si el aprendizaje o mejora venía causado por el soporte en papel o por AssisT-Task. Por lo tanto, se siguió un diseño de experimento basado en *latin-square*. Este método consiste en un diseño factorial incompleto [111] en el que todos los participantes en el estudio realizan todas las tareas, pero empleando una tecnología, dispositivo o interfaz cada vez, y de forma que no coincidan dos usuarios diferentes realizando la misma tarea con la misma tecnología. De esta forma, se garantiza que los resultados no se han visto polarizados por el efecto de la tecnología sobre la tarea [112]. En este caso de estudio, además, se emplean medidas repetidas, por lo que en lugar de usuarios aislados, se contará con grupos de usuarios para cada tarea.

Este diseño experimental se ha llevado a cabo para la evaluación de AssisT-Task. En este caso, se pretenden comparar dos tipos de soporte: el tradicional en papel frente a AssisT-Task. De acuerdo al modelo se necesitan, al menos, dos usuarios para que lo prueben y cada uno ha de realizar una tarea diferente (aunque equivalente). Además, el experimento se realizó con medidas repetidas, es decir, en lugar de ser un único usuario el que realizó cada una de las tareas con los diferentes apoyos, fueron varios usuarios. De esta forma, se pudo hacer el estudio atendiendo a las diferentes capacidades de los mismos.

Para ello, se formaron dos grupos (A y B) de 5 participantes cada uno. Para evitar sesgos debido a la edad, género o capacidades, los grupos fueron heterogéneos, es decir, dentro de cada grupo había variedad de niveles. La selección de los integrantes de cada grupo fue responsabilidad de los profesionales del centro y, en base a sus valoraciones, se escogieron a los usuarios más apropiados y se les asignó un grupo. Sin embargo, ambos grupos eran equivalentes entre sí. La asignación de tareas, grupos y soportes se ha recogido en la Tabla 5.2

	GRUPO A	GRUPO B
T1	Soporte en papel	AssisT-Task
T2	AssisT-Task	Soporte en papel

Tabla 5.2. AssisT-Task: distribución de tareas y soportes según el diseño *latin - square*.

El proceso de evaluación se organizó en un total de 16 sesiones, de las cuales 14 se dedicaron a la realización de las tareas y la primera y la última para realizar cuestionarios pre- y post-test. En la primera sesión se realizó una discusión en grupo en la que participaron todos los usuarios del centro que reciben formación para el empleo (21 en total), y entre los que se encontraban los 10 usuarios seleccionados por los educadores para participar en el estudio. Esta reunión sirvió, en primer lugar, para que los usuarios

conociesen el proyecto y a los investigadores que iban a llevarlo a cabo. Y, en segundo lugar, para pasarles un pequeño cuestionario para conocer sus hábitos y relación con la tecnología. De esta forma, se pudo obtener un perfil de usuario basado en habilidades tecnológicas. El cuestionario que se les pasó se encuentra en el Apéndice A.2.1 de este documento.

Durante las 14 sesiones siguientes se realizaron las tareas encomendadas. Se fijaron dos días a la semana y, cada día, todos los usuarios realizaban una de las tareas. En total se ocuparon 8 semanas, pero no en todas se llevaron a cabo las tareas. En concreto, la primera semana se hicieron ambas tareas pero sin ningún tipo de ayuda más que las instrucciones verbales de uno de los educadores. Los datos recopilados en esta sesión sirvieron como línea base para el resto del estudio. Tras esta toma de contacto, durante las semanas 2 y 3 los usuarios realizaron las tareas con el apoyo correspondiente. En la semana 4, de nuevo, se repitieron las fotocopias (T1) y el archivo (T2) sin ningún tipo de ayuda. Esta decisión se tomó para valorar que realmente se estaba produciendo un aprendizaje y, en caso de fallo, poder replantear la secuencia. Durante las semanas 5 y 6 se mantuvo el soporte y, llegados a este punto, los educadores valoraron que ya se había alcanzado el desempeño máximo por parte de los usuarios, por lo que se decidió dar por finalizada la etapa de muestreo. Finalmente, para obtener una valoración sobre el aprendizaje y comprobar que éste se había mantenido en el tiempo, en la semana 8 se realizaron de nuevo las pruebas sin ayuda (la semana 7 se mantuvo libre). Este esquema se ha resumido en la Tabla 5.3.

	SEMANA									
	1		2 - 3		4		5 - 6		8	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
GRUPO A	✗	✗	P	AT	✗	✗	P	AT	✗	✗
GRUPO B	✗	✗	AT	P	✗	✗	AT	P	✗	✗

Tabla 5.3. Esquema de distribución de grupos, apoyos y tareas llevado a cabo durante la evaluación de AssisT-Task. La 'P' se corresponde con soporte en papel, mientras que 'AT' se corresponde con AssisT-Task. El símbolo ✗ indica que en la sesión no se utilizó ningún soporte.

En cada día de prueba se llamaba individualmente y de forma consecutiva a cada usuario durante su horario lectivo. Como se ha dicho, se seleccionaron las horas de trabajo tipo taller para interrumpir lo mínimo posible el desarrollo normal de las clases y, además, las tareas seleccionadas para las pruebas formaban parte del tipo de entrenamientos y ejercicios llevados a cabo durante las clases. Una vez llegaba el usuario a la zona de prueba, se le facilitaba el soporte (papel, AssisT-Task o ninguno si así se había programado) y los materiales necesarios. En el caso de las fotocopias, un plano de Metro de Madrid impreso en una cartulina tamaño DIN-A3. Para el archivo, se dispuso una bandeja con los documentos a clasificar. En este caso, a pesar de poner a disposición de los usuarios un cierto número de documentos, tan sólo tenían que archivar el primero que cumpliese el requisito del año (que fuese de 2012 o 2013).

En las sesiones donde se utilizaba AssisT-Task como soporte, previo al comienzo, se comprobaba que el código QR era legible y se configuraba la aplicación para que leyese en alto la instrucción al cargar el paso y no mostrase la auto-evaluación al finalizar. Este último parámetro de configuración vino sugerido por los educadores del centro, para evitar abrumar a los usuarios y, así, evitar sesgos en el resultado.

En cada sesión se grabó al usuario durante la actividad para luego poder revisar los vídeos y extraer información adicional sobre su desempeño y completar el registro de actividad generado por la aplicación. Además, el análisis de los vídeos permite que los educadores puedan valorar otros aspectos como la actitud, coordinación o expresión de los usuarios. Por lo tanto, estos vídeos se compartieron con ellos.

De cada ejecución se registraron medidas como el tiempo total empleado, el número de solicitudes de ayuda, confusiones, bloqueos e intervenciones por parte de los observadores. En el protocolo de intervención se especificó que el observador debía intervenir siempre que el usuario así lo solicitase o si se detectaba un bloqueo y, tras esperar un tiempo, el usuario no salía por sí mismo. Finalmente, también se especificó intervenir en el caso de que el usuario cometiese un error que le impidiese completar la tarea de forma satisfactoria.

Tras la última sesión, en la semana 8, se planteó de nuevo una discusión en grupo en la que los usuarios pudieron dar su opinión y valorar la herramienta. En esta sesión, y para evitar un posible sesgo positivo, los investigadores no estuvimos presentes y fueron los educadores los que condujeron el grupo.

Descripción de las tareas

Las tareas a realizar fueron fotocopiado (T1) y archivo de documentos (T2). En ningún caso fue algo nuevo o desconocido para los usuarios y educadores, ya que se trata de tareas en las que ya se viene trabajando en el centro, dado que son actividades que los usuarios acaban realizando en las empresas. Sin embargo, se trata de dos tareas significativamente diferentes en cuanto a las capacidades requeridas.

El diseño, tanto el soporte en papel como el modelo para AssisT-Task, lo realizaron los preparadores laborales de la FSDM, de acuerdo a los métodos que suelen emplear en sus sesiones. Tan sólo se adaptaron ligeramente para que contasen con un número similar de instrucciones y opciones. En el Apéndice A.3 se encuentran las copias del soporte en papel que se les proporcionaba. El soporte para las fotocopias (A.3.1) incluía todas las opciones de fotocopiado (a una cara, dos caras, ampliaciones, reducciones, etc.) mientras que el archivo (A.3.2) era específico para el tipo de documento y formato a archivar.

La tarea de fotocopias consistía en hacer una única copia de un documento en ta-

maño DIN – A3, reduciéndolo a DIN – A4 y aumentando la densidad de color en 3 puntos. Para llevarla a cabo, el usuario recibía un total de 10 instrucciones, una de las cuales era de selección de una lista de opciones (fotocopias simples, a doble cara, ampliaciones, reducciones, etc.). Por otro lado, la tarea de archivo consistía en seleccionar un contrato de una bandeja, comprobar que el año era el correcto y archivarlo en una carpeta determinada por un código especificado en la parte superior y alfabéticamente por el nombre de la empresa que figuraba en el primer párrafo del texto. Los pasos concretos de ambas tareas se encuentran en el diagrama de la Figura 5.24. Los rectángulos en tono azul oscuro se corresponden con instrucciones simples, mientras que los óvalos en azul más claro se corresponden con los pasos en los que se pregunta al usuario por una opción.

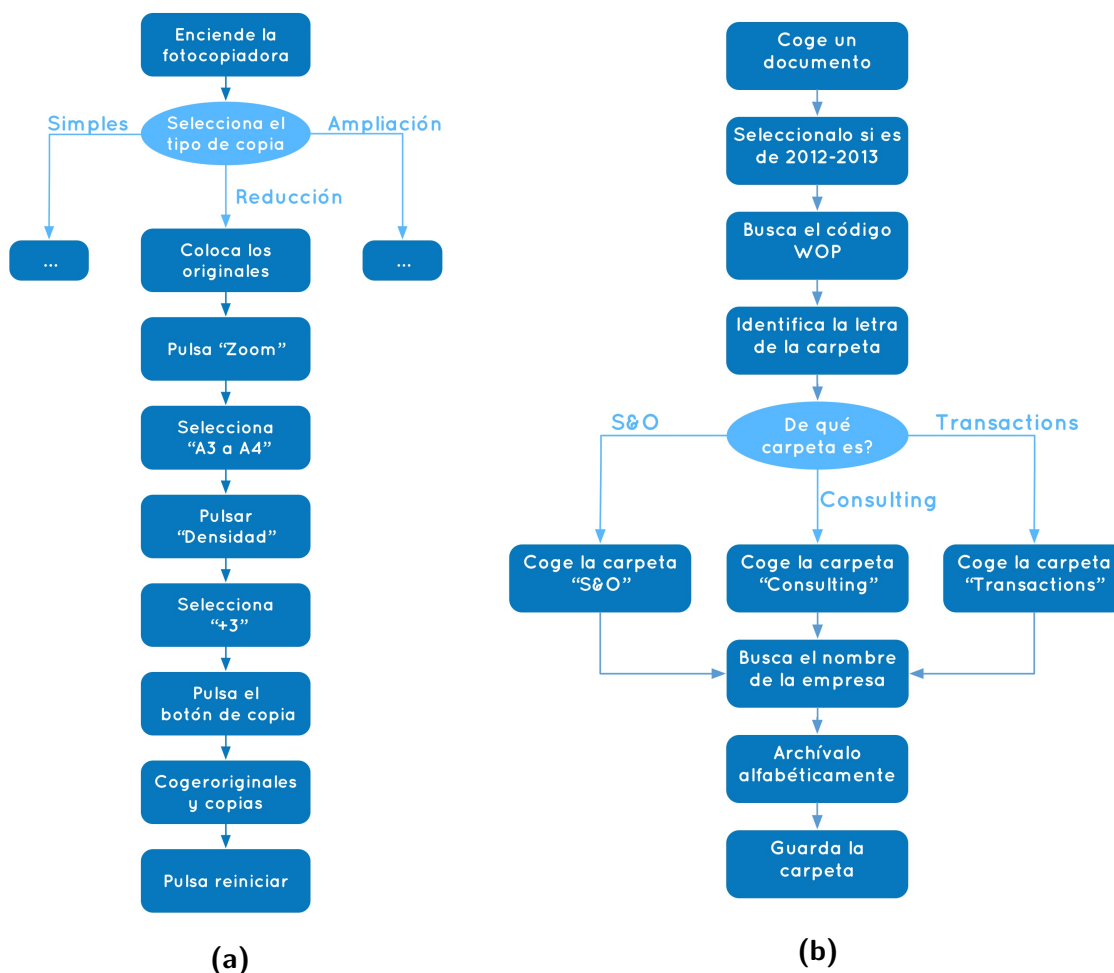


Figura 5.24. Diagramas de instrucciones de las tareas, en (a) de las fotocopias, en (b) del archivo.

La diferencia fundamental entre ambas tareas es que, mientras que hacer las fotocopias es una actividad eminentemente manipulativa, el archivo es más cognitivo. Hacer las fotocopias requiere manipular papeles, pulsar botones, abrir y cerrar la bandeja de la fotocopiadora, etc. Para archivar los documentos, a pesar de incluir la apertura y

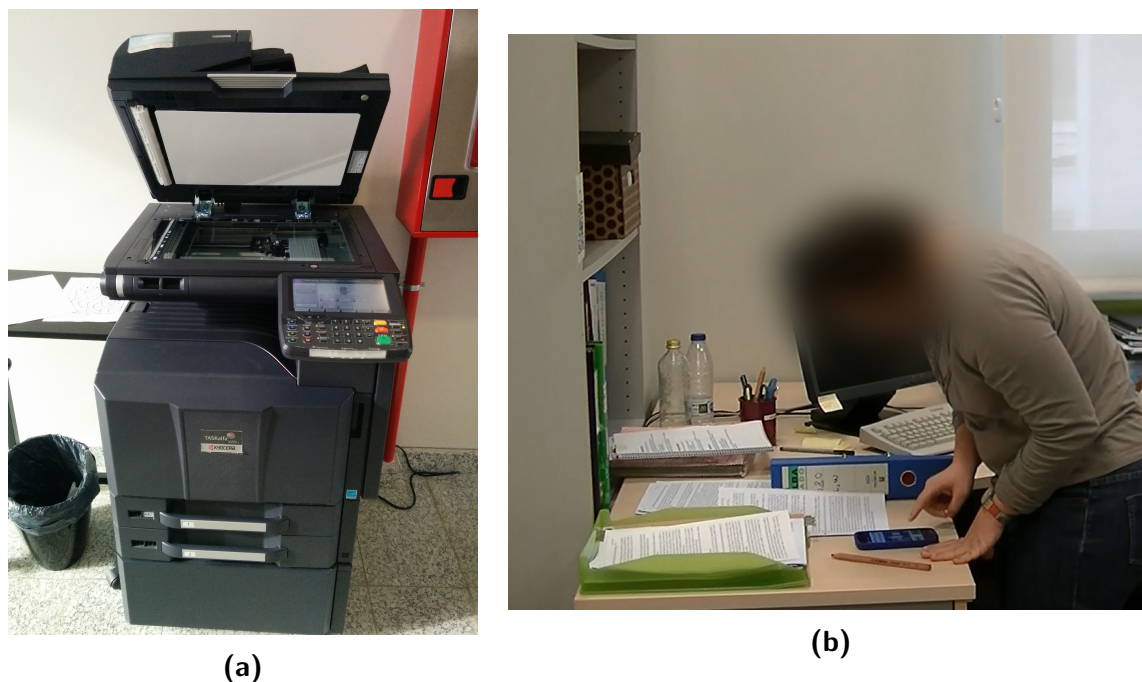


Figura 5.25. Localización de la fotocopidora (a) y el archivo (b).

cierre de carpetas, la mayor dificultad residía en la búsqueda de información en el texto y la clasificación por orden alfabético.

La localización donde se realizaron también fue distinta, de acuerdo a las instalaciones del centro. La fotocopidora se encontraba en una antesala de las aulas, contra una pared. Justo al lado de ella había una mesa auxiliar para dejar los documentos, manipularlos, etc. El archivo, por el contrario, se encontraba en una estantería de un despacho, al lado de la mesa del ordenador. En la misma mesa también se encontraba la bandeja con los documentos a archivar. Así, la disposición permitía la manipulación de las carpetas y documentos sin tener que desplazarse. En ambos lugares, se colocó un código QR correspondiente a la tarea a realizar en un lugar visible e identificativo. En el caso de las fotocopias, en la pared de detrás de la máquina, a una altura aproximada de 1,5 m, de forma que era perfectamente visible. En el caso del archivo, se colocó pegado a la estantería, justo encima de las carpetas, de forma que quedaba a la altura de los ojos de una persona de estatura media. En la Figura 5.25 se muestran fotografías de ambas localizaciones⁶.

⁶Nótese que en la imagen (b) se ha desenfocado la cara del usuario para preservar su privacidad

Recogida de datos

Durante el desarrollo de las tareas, se grabó mediante una cámara externa un vídeo para su posterior análisis, junto con el registro de actividad que genera el teléfono. Los vídeos se analizaron para identificar los eventos asociados a los siguientes factores:

- **Tiempo de completado:** es el tiempo transcurrido entre el inicio y el fin de la actividad. A pesar de dar una información muy valiosa y que generalmente supone un factor clave para estudiar la evolución de un usuario, su representatividad se ve debilitada en el análisis entre-usuarios. El hecho que un usuario tarde menos que otro no significa que lo haga peor. Simplemente, se debe tener en cuenta que hay usuarios que tardan un poco más (o menos) que otros. Lo importante es la evolución en el tiempo empleado para un usuario a lo largo de las diferentes sesiones.
- **Errores:** se considera un error no seguir la secuencia correctamente. Por ejemplo, para la tarea T1 (fotocopias), se considera error hacer 2 copias del documento (ya que se pedía hacer sólo una), pero no lo es, por ejemplo, resetear la máquina antes de empezar a trabajar (no se especifica en las instrucciones, pero es una buena costumbre que se intenta incluir en su proceso de aprendizaje). En la tarea T2 (archivo) un error es archivar el documento en una pestaña que no correspondía, por ejemplo.
- **Intervenciones:** esta medida indica el número de veces que el observador actuó para ayudar al usuario tras cometer un error que no le permitiese terminar la tarea de forma satisfactoria, o bien si el usuario se mostraba completamente confuso o bloqueado y no pudiese continuar.
- **Confusiones:** se considera una confusión cuando el usuario actúa sin ningún tipo de objetivo concreto de acuerdo a la tarea o, simplemente, parece perdido. Por ejemplo, una confusión típica para ambas tareas era leer repetidas veces las instrucciones sin ejecutar ninguna, de forma casi errática.
- **Solicitudes de ayuda:** tanto explícitas como implícitas. Muchos de los usuarios, a pesar de tener una actitud totalmente amigable y haber sido motivados a pedir ayuda si así lo necesitaban, no llegaban a expresar claramente esta necesidad, si bien hacían comentarios y gestos sutiles que así lo indicaban. Este tipo de solicitudes se consideraron como implícitas.
- **Comentarios:** se consideraron de dos tipos. De satisfacción, como “*¡Lo he hecho!*” o “*¡Bien, creo que voy por el buen camino!*”; y de frustración, como “*No soy muy bueno haciendo esto*” o “*Creo que no voy a saber hacerlo*”. Este factor es importante para obtener una visión subjetiva del usuario, si bien de cara a un análisis cuantitativo puede no ser tan determinante y dependerá, en mayor o menor medida, del número de comentarios que hagan los usuarios.

Para generar los informes en los que se reflejaban este tipo de datos y así poder procesarlos, se creó una herramienta para *tablet* que permitía a un observador generar y registrar los eventos al mismo tiempo que visualizaba el vídeo (en otro dispositivo). Estos informes incluían marcas temporales y etiquetas identificativas, de forma que se pudieron realizar análisis automáticos sobre los datos recolectados, como se verá más adelante.

5.6.2. Usuarios

Los alumnos en capacitación laboral presentan diversos perfiles y niveles si bien, en general, se trata de personas con diversidad funcional intelectual moderada o leve. El total de inscritos en este tipo de cursos en la FSDM es de 21 personas, si bien sólo se seleccionaron 10 para el estudio. Esta selección la llevaron a cabo los educadores del centro, atendiendo a las capacidades de cada persona y el posible beneficio que podrían obtener de la herramienta. Además, un requisito fundamental era que hubiese variabilidad de niveles y que los grupos fuesen simétricos. Los perfiles completos de los participantes, de acuerdo a la valoración de los preparadores laborales, se encuentra en la Tabla A.1 del Apéndice A.1. Del total de participantes, la mitad eran mujeres y la mitad hombres y la media de edad era de 24,1 años ($\sigma = 4,93$). El grado de discapacidad oscilaba entre el 33 % y el 75 %. A efectos legales y de repercusión en lo que a la Administración Pública, derechos y deberes se refiere, y de acuerdo a la normativa española vigente a la redacción de esta tesis [113], el grado de discapacidad mínimo acreditado para que se considere a una persona con diversidad funcional debe ser el 33 %.

Perfil tecnológico de los usuarios

Además de los perfiles facilitados por los educadores, gracias al cuestionario sobre hábitos de uso de la tecnología, se pudo elaborar un perfil tecnológico de los usuarios. Las respuestas de los participantes a este cuestionario se encuentra en la Tabla A.2 del Apéndice A.1. De acuerdo a sus respuestas, se confirma la popularidad de los teléfonos móviles entre los participantes. Todos reconocieron tener un teléfono móvil para uso personal y 6 de los 10 usuarios lo reconocieron como teléfono táctil/*smartphone*. Las tabletas digitales también son populares, aunque no tanto como los teléfonos. Además, en algunos casos, se indicó que la tableta utilizada no era suya, sino de algún familiar.

De forma parecida, todos los participantes reconocieron tener acceso a Internet en el domicilio e, incluso, a través de su *smartphone* mediante conexión a la red móvil. Dentro de los usos más populares de los dispositivos, tanto *smartphones* como tabletas, se encuentran la mensajería, la toma de fotografías, la reproducción de contenido multimedia y los videojuegos. Con respecto a la comunicación por e-mail, 9 de los

10 participantes reportaron tener una cuenta de correo electrónico y usarla con cierta frecuencia. Del mismo modo, la gran mayoría cuenta con perfil en las redes sociales (sobre todo *Facebook* y *Tuenti*).

La tabla se ha completado con el resto de alumnos de capacitación laboral pero que no participaron en la sesiones de evaluación (U_{11} a U_{21}). Si se consideran a estos para los cálculos, la edad media del total de estudiantes es de 23,67 años ($\sigma = 3.47$). Se mantiene el alto porcentaje de usuarios que tenían teléfono móvil (el 100 %), pero tan solo 12 de los 21 (el 57,14 %) lo clasificaron como *smartphone*. Este porcentaje, a pesar de no ser nada despreciable, se espera que se incremente en los próximos años, debido principalmente al acceso, cada vez más barato y sencillo, a este tipo de dispositivos. La homogeneidad de respuestas entre los usuarios que participaron en el estudio y los que no, hace que se valide la representatividad de la muestra (usuarios seleccionados) frente a la población total. Por lo que se puede suponer que no existió sesgo positivo a favor de AssisT-Task debido a sus habilidades en el manejo de la tecnología.

5.6.3. Resultados

Como se dijo al principio de este capítulo, uno de los objetivos de la evaluación era comparar el rendimiento y aprendizaje de los usuarios dependiendo de si utilizaban un soporte en papel o AssisT-Task. Considerando la complejidad del estudio debido a la cantidad de factores que intervienen, el análisis se ha dividido de acuerdo a los factores citados anteriormente (tiempo de completado, errores, intervenciones, confusiones y solicitudes de ayuda). En la Tabla 5.4 se recogen los estadísticos de estos factores (entre todos los usuarios y sesiones). Los valores se muestran en formato media (desviación estándar). Al no existir normalidad en los datos, el último campo (p – valor), se ha calculado a partir de la versión no paramétrica de la prueba T de Student, es decir, el test U de Mann – Whitney para muestras independientes⁷.

Tiempo de completado

El tiempo medio empleado para completar la tarea 1 ha sido un poco mayor con AssisT-Task que con el soporte en papel. Esto se debe a que, al tratarse de una tarea puramente manipulativa, muchos usuarios tuvieron problemas para manejar los papeles mientras sujetaban o interactuaban con el *smartphone*. Como solución, si necesitaban las dos manos para manejar la fotocopidora, dejaban el teléfono en una mesa cercana y, una vez realizado el paso, lo recogían. Esta transición agrega un tiempo que, si bien no es exagerado, hace que exista esa pequeña diferencia sin significación estadística en

⁷Al igual que con en la prueba T de comparación de medias, un p-valor por debajo de 0,05 rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias

T1. FOTOCOPIAS			
	Papel	AssisT-Task	p – valor
Tiempo (s)	160,75 (115,34)	162,78 (86,36)	0,463
Errores	0,80 (0,90)	1,11 (1,02)	0,154
Intervenciones	3,31 (4,22)	3,17 (3,02)	0,606
Confusiones	2,14 (2,24)	2,34 (2,40)	0,706
Solicitudes ayuda	0,77 (1,46)	0,49 (1,04)	0,248

T2. ARCHIVO			
	Papel	AssisT-Task	p – valor
Tiempo (s)	198,38 (112,44)	178,87 (83,33)	0,601
Errores	1,8 (1,47)	0,77 (1,06)	0,001
Intervenciones	3,91 (2,80)	1,86 (2,28)	0,002
Confusiones	2,69 (2,54)	1,14 (1,14)	0,014
Solicitudes ayuda	0,46 (0,74)	0,2 (0,63)	0,032

Tabla 5.4. AssisT-Task: estadísticos de los distintos factores para las dos tareas y ambos soportes.

ninguna de las dos tareas (pruebas T para muestras independientes. $p = 0,934$). En cualquier caso, los tiempos son muy similares (algo más de un 1 % de diferencia)

La tarea 2, requería de unas capacidades cognitivas mayores, ya que se debían buscar datos en un documento y clasificar por orden alfabético. Desde el punto de vista de la manipulación de los materiales, al haberse realizado sobre una mesa, era más sencilla ya que se podía dejar el teléfono o el soporte en papel sobre la misma y ordenar los documentos y carpetas libremente. En este caso, los tiempos requeridos con AssisT-Task son menores y decrecen gradualmente, mientras que con el soporte de papel no se aprecia mejora. Este hecho demuestra que el tipo de soporte puede influir sobre el rendimiento del usuario, aunque la diferencia de medias no es lo suficientemente significativa como para afirmar que viene motivada por este hecho y no por el azar u otro factor (Pruebas T para muestras independientes. $p = 0,412$).

La evolución de cada participante a lo largo de las sesiones se ha reflejado en las gráficas de la Figura 5.26. De arriba a abajo y de izquierda a derecha:

- (a) Contiene la evolución del factor de la tarea T1 de los usuarios del Grupo A. En este caso, el soporte empleado era AssisT-Task.
- (b) Es la misma tarea T1, pero los usuarios son del Grupo B y el soporte en papel.
- (c) Se corresponde con la tarea T2 y el Grupo A, con soporte en papel.
- (d) Se corresponde con la tarea T2 y el Grupo B, AssisT-Task como soporte.

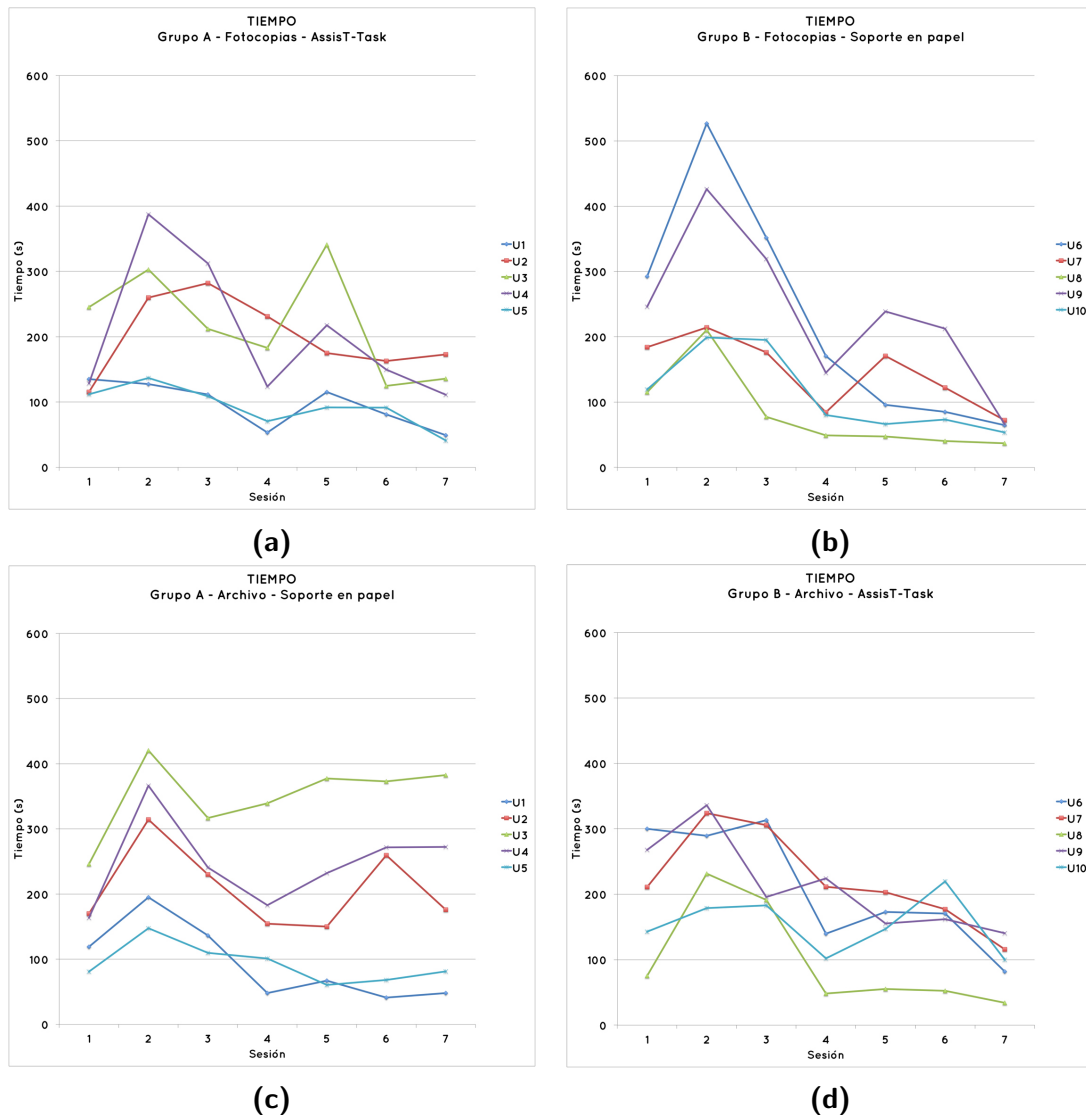


Figura 5.26. AssisT-Task: evolución del factor “tiempo” a lo largo de las sesiones de evaluación para ambas tareas.

Como se puede apreciar en las gráficas, la tendencia general es mejorar en los tiempos (reducirlos). Sin embargo, en el caso de la tarea T2 y el soporte en papel (figura (c)), esta mejora no está clara. Es más, en algunos casos (como el usuario 3) la tendencia es al alza. Esto viene motivado por la mayor carga cognitiva de la tarea, que hizo que los usuarios empleasen más tiempo para comprender la instrucción del soporte en papel y la procesasen. En el caso (d), los tiempos sí mejoran gracias en parte al tipo de soporte. Esta mejora, como ya se ha demostrado antes, no viene soportada estadísticamente por los datos, por lo que no se puede afirmar que la tecnología tenga una influencia determinante. Sin embargo, de acuerdo con los comentarios de los expertos del centro, el apoyo visual que ofrece la herramienta, junto con la secuencia estricta a seguir sí influye en el desempeño.

Errores

El número de errores cometidos por los usuarios puede ser una medida significativa del progreso del usuario. Sin embargo, en la evaluación también se midió el número de intervenciones, que resulta un dato más completo ya que incluye los errores del usuario, así como las ayudas prestadas para evitar errores críticos y salir de bloqueos. En cualquier caso, el estudio individualizado de los errores resulta interesante. Así, la evolución de cada participante a lo largo de las sesiones se ha reflejado en las gráficas de la Figura 5.27.

Como se aprecia en la figura (a), el usuario U_2 resulta un valor atípico, con valores muy por encima del resto de usuarios y sin una tendencia clara. Esto mismo ocurre en otros factores, como se verá más adelante. Este usuario, de acuerdo al criterio de los educadores, no estaba pensado para formar parte del estudio debido a sus limitaciones para la ejecución de tareas que requerían una cierta carga cognitiva. Sin embargo, de cara a balancear los grupos hacía falta un perfil similar al suyo, ya que sus capacidades son muy similares a las del participante U_9 y la participación de este último resultaba particularmente interesante para los profesionales del centro.

Al comparar los resultados de la Tarea 1 (figuras a y b) no se aprecian grandes diferencias en cuanto a errores. La tarea, como se ha comentado con anterioridad, requiere habilidades manipulativas fundamentalmente, por lo que la probabilidad de error se ve reducida a posibles fallos en el manejo físico de los elementos. Por el contrario, la Tarea 2 (figuras c y d) requiere mayor capacidad cognitiva y, por lo tanto, los errores son más probables. En este caso, la diferencia entre el número de errores viene determinada por el tipo de soporte, como así lo indica el análisis estadístico realizado (ver Tabla 5.4). Además, los gráficos muestran gráficamente esta diferencia, así como la tendencia a la baja en el caso de AssisT-Task (d) y la falta de tendencia en el caso del soporte en papel (c).

Intervenciones

Las intervenciones, como ya se ha dicho, están relacionadas íntimamente con los errores ya que, por cada error, se ha producido al menos una intervención. Además, tuvieron lugar otras intervenciones para prevenir errores que impedirían finalizar la tarea correctamente y para ayudar al usuario en caso de confusión o bloqueo. Al igual que con los errores, es en la tarea 2 en la que se observa una diferencia más marcada y significativa entre los dos soportes. En la Figura 5.28 se muestran las intervenciones realizadas para cada usuario en cada sesión.

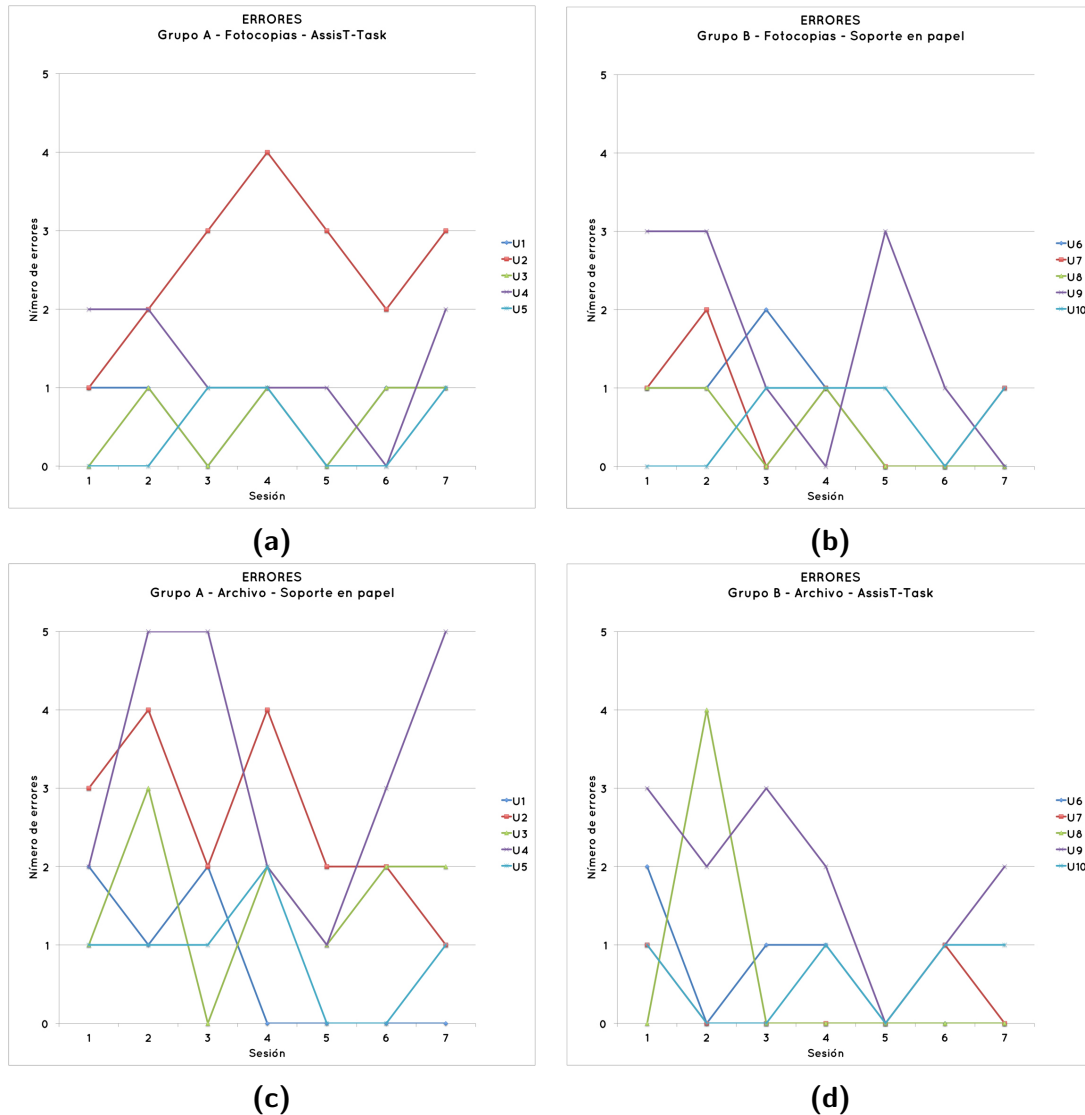


Figura 5.27. AssisT-Task: evolución del factor “errores” a lo largo de las sesiones de evaluación para ambas tareas.

Confusiones

Las confusiones representan los momentos de duda o errores no críticos del usuario. Este tipo de eventos, aunque también están relacionados con las intervenciones, no es tan directo como el caso de los errores. De nuevo, en la tarea 1 no se aprecian grandes diferencias en cuanto a eventos de confusión, aunque sí se observan claramente los dos casos atípicos de ambos grupos (U₂ para el grupo A y U₉ para el grupo B).

Con respecto a la tarea 2 (Figuras 5.29 c y d) sí se aprecia una diferencia que, además, viene soportada estadísticamente. En el caso del soporte mediante AssisT-Task (d), el número de casos de confusión es significativamente menor y constante o

5.6. EVALUACIÓN

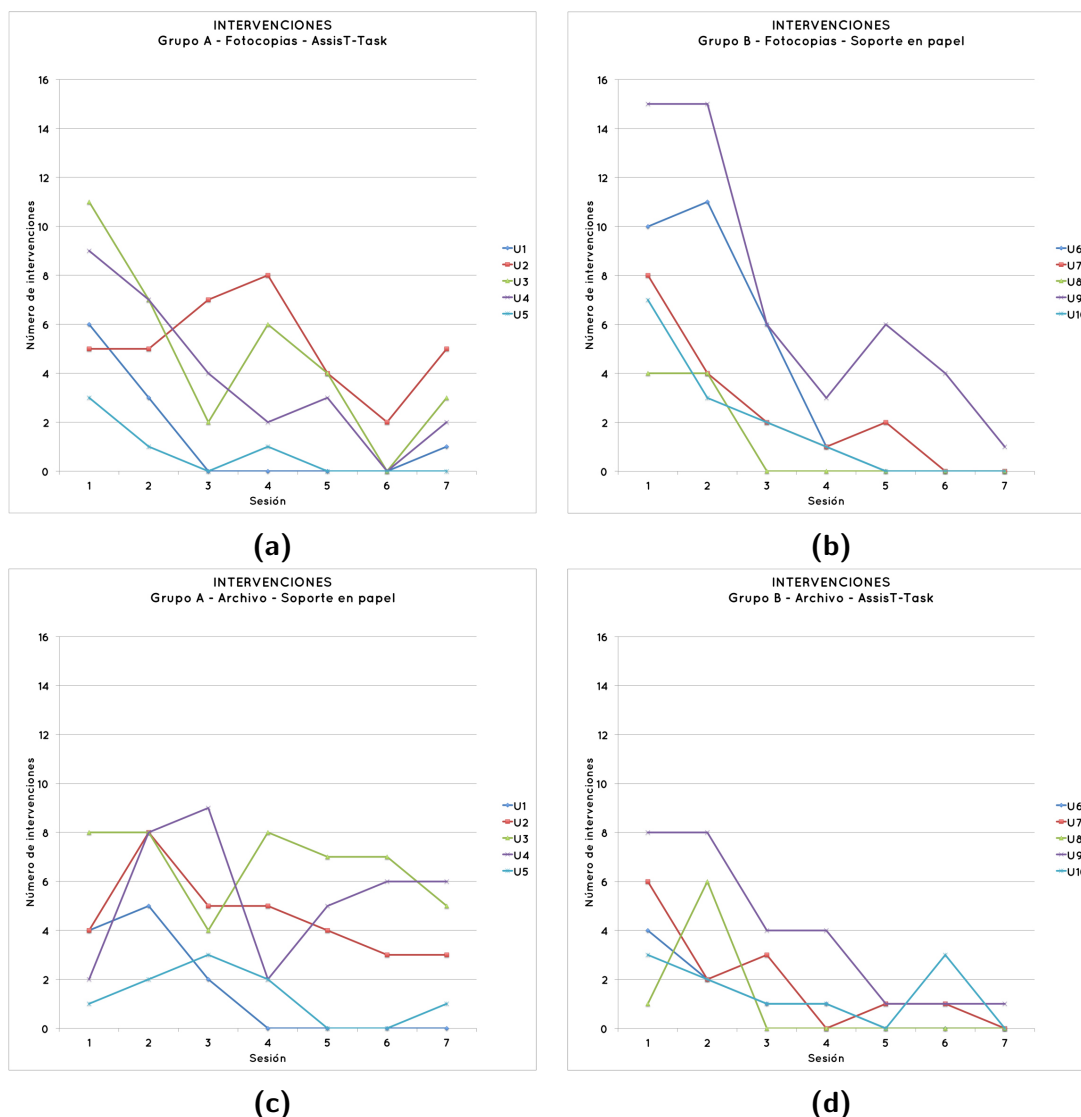


Figura 5.28. AssisT-Task: evolución del factor “intervenciones” a lo largo de las sesiones de evaluación para ambas tareas.

con tendencia a la baja, mientras que en el caso del soporte en papel (c) no se ve una tendencia clara.

Solicitudes de ayuda

Las solicitudes de ayuda no representan una información tan precisa con relación al aprendizaje o la validez de la herramienta, sin embargo eran un parámetro interesante para los educadores de cara a valorar la relación de los usuarios con otras personas. En este sentido, no se identificaron tantas interacciones explícitas (que el usuario solicitase la ayuda), así que se valoraron también las solicitudes implícitas en las que, mediante

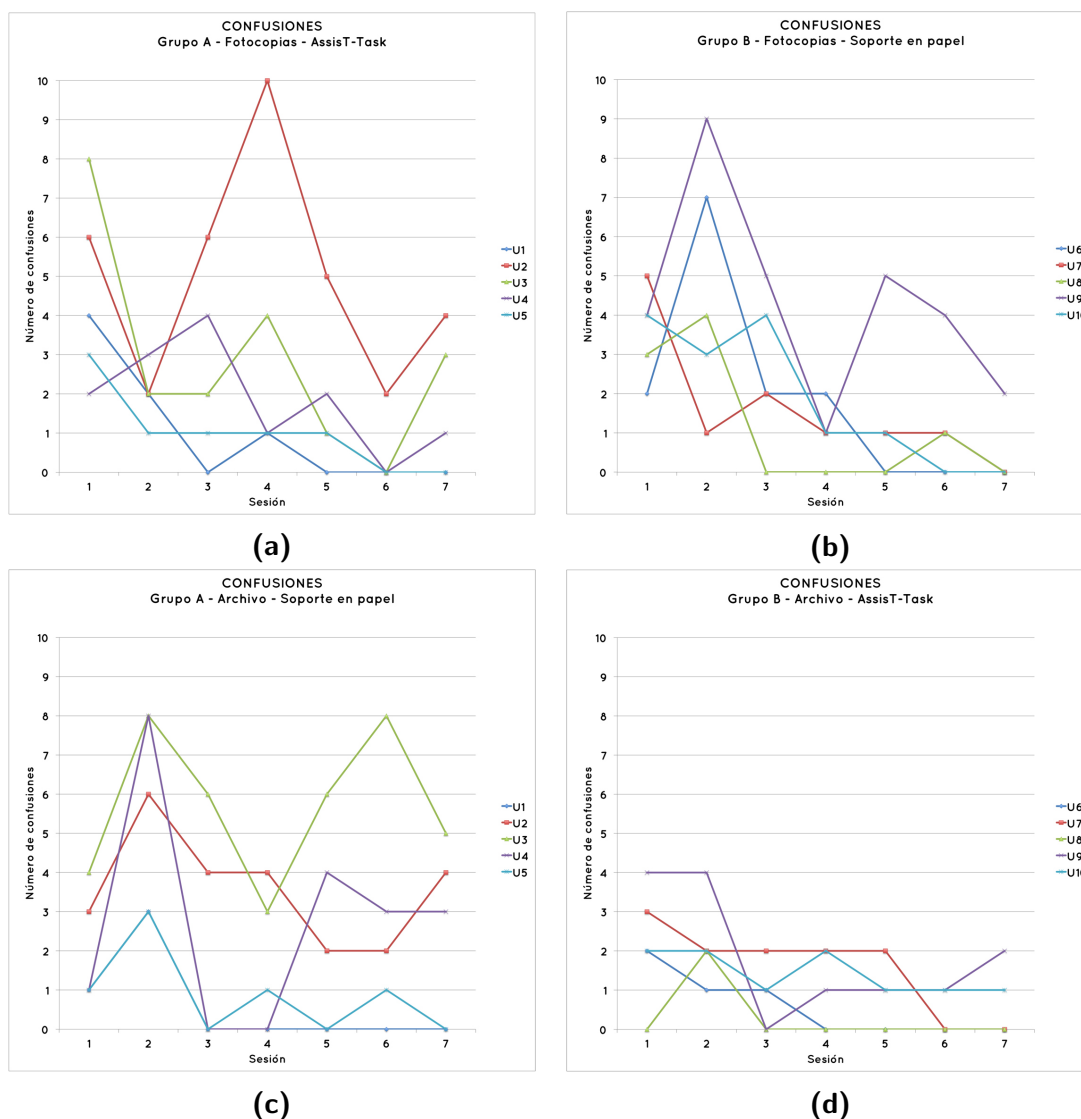


Figura 5.29. Assist-Task: evolución del factor “confusiones” a lo largo de las sesiones de evaluación para ambas tareas.

algún gesto, los usuarios hacían ver su necesidad de asistencia. El número de solicitudes que tuvieron lugar en las diferentes sesiones se encuentra recogido en las gráficas de la Figura 5.30, siendo (a) y (b) las solicitudes que se dieron durante las sesiones de la tarea 1 y (c) y (d) durante la tarea 2. En ambos casos, se vuelve a remarcar los dos casos atípicos, U₂ para el grupo A y U₉ para el grupo B.

A pesar de este hecho, la diferencia entre el número medio de solicitudes que se dieron en la tarea 2 resulta estadísticamente significativo con respecto al soporte utilizado (ver Tabla 5.4). Es decir, el hecho de utilizar Assist-Task como soporte redujo el número de solicitudes de ayuda.

5.6. EVALUACIÓN

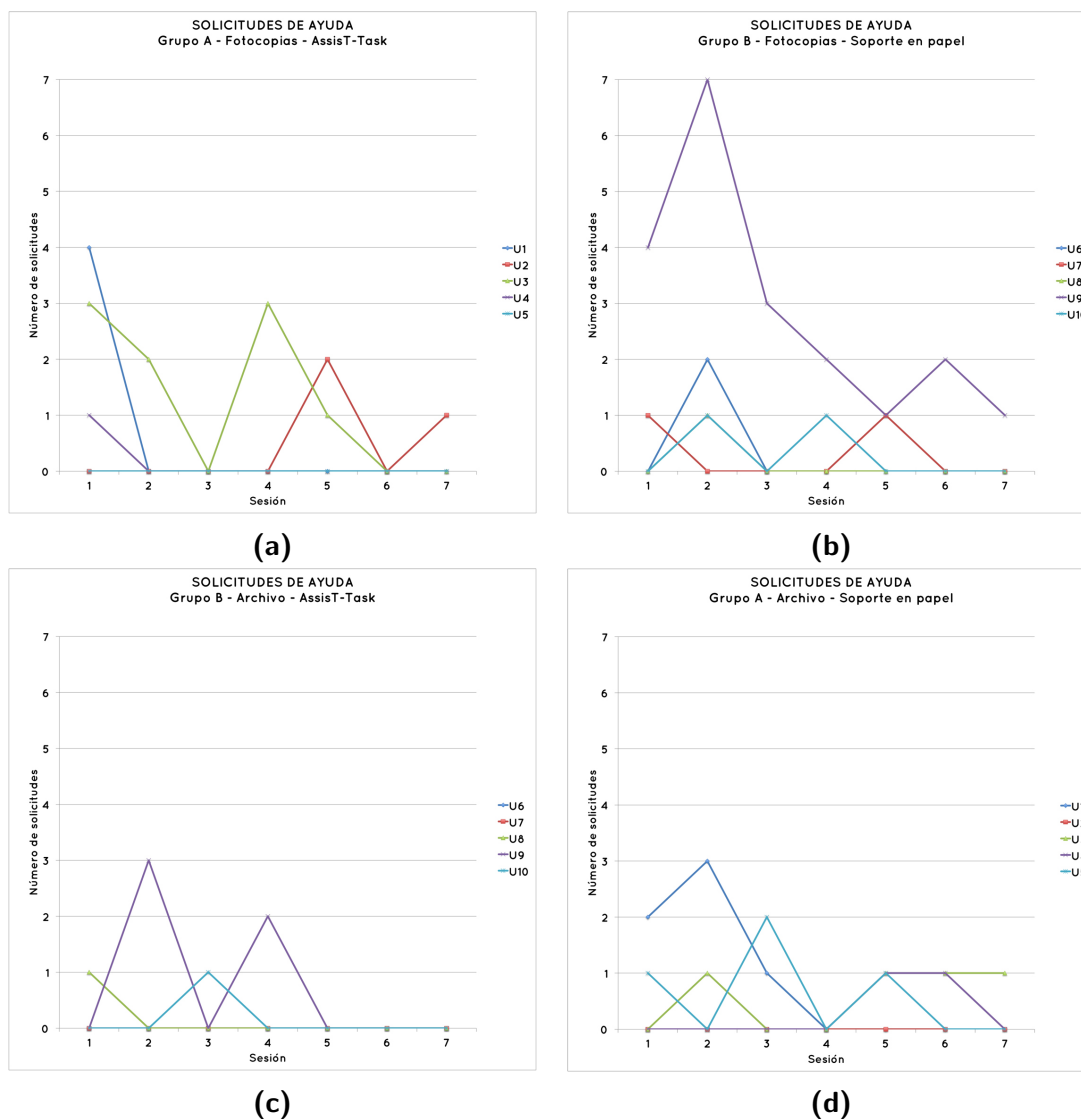


Figura 5.30. AssisT-Task: evolución del factor “ayuda” a lo largo de las sesiones de evaluación para ambas tareas.

Comentarios

Durante las sesiones se propuso a los usuarios emplear la técnica del “think aloud” o pensar en alto. Estudios como [114] demostraron la efectividad de este tipo de técnicas para recoger la opinión y sentimientos de usuarios con diversidad funcional intelectual durante las evaluaciones de usabilidad. Sin embargo, en este estudio, apenas se han dado comentarios de los usuarios, por lo que no se ha podido extraer ningún tipo de información complementaria.

5.7. Conclusiones

El análisis, a pesar de revelar datos prometedores, se debe considerar de forma cuidadosa: se ha tratado de incluir usuarios de diverso nivel de capacidades y homogeneizar los grupos. Por un lado, esto ofrece significación a la muestra, sin embargo tanto el número de usuarios y variación de tipos de diversidad funcional como el número de sesiones se ha visto limitado y, por lo tanto, no se puede universalizar el estudio para todas las personas con diversidad funcional intelectual. Sin embargo, sí parece representativo para un colectivo concreto: personas con diversidad funcional intelectual en formación para el empleo.

Lo primero que cabe destacar de los resultados del estudio es la variación en cuanto a resultados. De acuerdo a los datos de la Tabla 5.4, en algunos casos el valor de la desviación típica es relativamente alto. Esto significa que los datos con los que se han calculado presentan muchos valores atípicos y falta de normalidad. Por otro lado, el análisis estadístico de estas medias, como se recoge en esa misma tabla, demuestra significación estadística en los diferentes factores para la tarea 2. Es decir, en la segunda tarea parece ser determinante en los resultados el utilizar un soporte u otro. En concreto, los factores mejoran cuando se usa AssisT-Task. Por lo tanto, parece que el sistema desarrollado ayuda de una forma más eficaz en la realización de tareas. En este sentido, se ha de aclarar que, a pesar de los buenos resultados de la tarea 2, en la tarea 1 no parece existir evidencia estadística de esta relación. Esto se debe principalmente a la naturaleza de ambas tareas: mientras que la tarea 1 requiere de mayores capacidades manipulativas para el manejo físico de la fotocopidora, materiales, etc., la tarea 2 requiere mayores habilidades cognitivas. En este caso, se tiene que leer un texto, buscar información en él y procesarla correctamente. Además, se tiene que archivar por orden alfabético, lo que supone un esfuerzo adicional.

Una medida común de la eficiencia es el tiempo empleado para completar una tarea. Además, un menor tiempo suele venir relacionado con un avance en el aprendizaje. Es decir, según se aprende la tarea, se requiere menor tiempo de consulta del soporte, lo que disminuye el tiempo total empleado. De los datos recopilados, en ninguna de las dos tareas se ha evidenciado una eficiencia (menor tiempo) significativamente diferente debido al tipo de soporte. Sin embargo, en el caso de la tarea 2 (más cognitiva), gráficamente sí se observa una cierta tendencia hacia tiempos menores según avanzan las sesiones. Este factor también está estrechamente relacionado con las curvas de aprendizaje. Con respecto al resto de factores (errores, intervenciones, confusiones y solicitudes de ayuda), sí se ha detectado una significación estadística en los resultados debido al tipo de soporte empleado para la tarea 2.

De forma complementaria al análisis estadístico de los resultados, se contó con los comentarios y opiniones de los educadores y preparadores laborales de la FSDM. Uno de los criterios de inclusión de usuarios en el experimento era obtener una muestra

5.7. CONCLUSIONES

lo suficientemente variada (con respecto al tipo de usuarios del centro), es decir, se contaron con perfiles un poco más altos y un poco más bajos. Resulta particularmente interesante que algunos de los perfiles cognitivamente más altos presentaban mayor impulsividad, por lo que intentaban terminar las tareas de la forma más rápida. Este hecho hace que su asistencia resulte aún más complicada, ya que en general se muestran más reacios a seguir órdenes fijas y repetitivas. A pesar de presentar mayor capacidad, esta impulsividad lleva a que muchos de ellos no sean seleccionados para ocupar ciertos puestos de trabajo. Por otro lado, para los usuarios con capacidades más limitadas, aunque en el rango de personas en situación de empleo, al presentar una actitud más obediente, AssisT-Task resultó idónea para su asistencia. De hecho, tal y como los educadores comunicaron al finalizar el experimento, el usuario U₉ fue seleccionado para participar en el estudio a pesar de no estar previsto su entrenamiento en tareas que requiriesen alto nivel cognitivo (como el archivo). Sin embargo, y para su sorpresa, el usuario fue capaz de realizar la tarea correctamente con la ayuda, y satisfactoriamente cuando no dispuso de ella. Esto demuestra que se produjo un aprendizaje y, por lo tanto, usuarios con ese tipo de perfiles podrían optar a más oportunidades empleando un soporte como AssisT-Task.

Del estudio realizado se puede concluir que AssisT-Task resulta una herramienta eficaz para la asistencia en la realización de tareas. Sobre todo, en aquellas que requieren un nivel mayor en las habilidades cognitivas.





6 AssisT-Out

6.1. Descripción general

AssisT-Out es el módulo encargado de guiar en los desplazamientos a pie en entornos exteriores. Como se introdujo en la Sección 4.4, el proceso de asistencia se divide en cuatro etapas: generación de los contenidos, identificación de la tarea a realizar, guiado y registro de la actividad. En este caso, existe una particularidad: parte de la generación de contenidos (en concreto, la generación de la ruta) se produce durante el guiado. El motivo es que, para poder calcular la mejor ruta, hace falta haber localizado al usuario y conocer el destino. Estos destinos se han de fijar con anterioridad a la ejecución, mientras que las rutas se calculan en tiempo de ejecución. Por lo tanto, las etapas concretas para el guiado en desplazamientos son: definición de destinos, localización del usuario, generación de la ruta, guiado y registro.

6.1.1. Definición de los destinos

De nuevo, es tarea de los cuidadores gestionar la información de los usuarios a su cargo. En este caso, cada usuario cuenta con una lista de posibles destinos o puntos de interés (PDI) a los que podría dirigirse. Este número es limitado, ya que, las personas con diversidad funcional intelectual no suelen desplazarse a sitios nuevos sin supervisión [71, 72]. Generalmente, se realiza un entrenamiento con un acompañante para asegurarse de la seguridad de la ruta, detectar puntos peligrosos o confusos, etc.

Para llevar a cabo esta tarea, como se describe en la Sección 6.5, se ha desarrollado una herramienta que permite la gestión de los usuarios y sus puntos de interés de una

forma gráfica, a través de una página web. Cada uno de los destinos cuenta con un nombre, la localización precisa, un icono que lo representa y una imagen a pie de calle que permita identificarlo. Como se verá, esta imagen es personalizable, aunque por defecto se emplea la propuesta por Google StreetView^{TM1}.

6.1.2. Localización del usuario

La siguiente etapa consiste en localizar al usuario. Para ello, gracias a la incorporación de sensores GPS en la inmensa mayoría de los *smartphones*, esta tarea resulta realmente sencilla [86]. Además, esta localización es rápida, lo que permite hacer un seguimiento del usuario en tiempo real (*“tracking”*).

La precisión del sistema GPS es bastante alta, pero es sensible a factores externos, como la climatología, o la “visibilidad” de los satélites. Sin embargo, de acuerdo a la especificación oficial del sistema [115] la precisión del sistema puede llegar a ser al menos de 5 m. en el 95 % de los casos (para usos civiles).

A pesar de la buena precisión que ofrece el sistema, no siempre se puede obtener (por ejemplo, si se camina por calles estrechas o entre edificios altos) y esta es una de sus limitaciones. Por otro lado, otro inconveniente de este sistema es el consumo de batería. A pesar de que cada vez más *smartphones* incluyen chips específicos y optimizados para procesar estas señales reduciendo el consumo, la realidad es que activar este servicio influye muy negativamente en la duración de la batería.

En complemento al GPS se puede utilizar el sensor de campo magnético del dispositivo para estimar la orientación del usuario. De esta forma, no sólo se conocerá la posición del usuario, si no hacia donde mira, lo que permite crear sistemas de guiado más precisos y sensibles al usuario.

6.1.3. Generación de las rutas

A la hora de calcular la ruta entre dos puntos de un mapa, los sistemas de navegación se apoyan en grafos. Es decir, se modela el entorno como un grafo en el que las aristas representan las calles y los nodos las intersecciones, y se aplican diferentes algoritmos de recorrido dependiendo de las necesidades específicas del cálculo (camino más corto, más rápido, mínimo número de cruces, etc.). Por lo tanto, para poder guiar al usuario hace falta modelar el entorno en el que se moverá.

Esta tarea, que es realmente dificultosa por el volumen de espacios a procesar y

¹<http://www.google.com/maps/about/behind-the-scenes/streetview/> (último acceso: enero 2015)

6.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

el tamaño de los mismos, gracias a servicios de cartografía como *Google Maps*^{TM2} o *Microsoft® Bing™ Maps*³ se hace más sencilla. Los propios servicios ofrecen una API con la que se pueden realizar consultas como, por ejemplo, una ruta entre dos puntos. Como se verá en la Sección 6.2, esta es la opción que se ha utilizado para implementar AssisT-Out. Una vez se ha localizado al usuario y se ha seleccionado el destino, resulta extremadamente sencillo consultar a uno de estos servicios por la ruta a seguir.

Sin embargo, las instrucciones generadas por estos servicios suelen ser bastante complejas, o incluir referencias a puntos cardinales o nombres de calles. Estudios como [116] o [117] han realizado diferentes análisis sobre el guiado adaptado a personas con necesidades especiales, llegando a la conclusión de la necesidad de adaptar las rutas en cuanto a accesibilidad y dificultad, pero también en cuanto a la forma en la que se dan las instrucciones. Se deben simplificar al máximo y, en la medida de lo posible, mecanizarlas.

De este modo, se propone que la generación de rutas se delegue en servicios de cartografía (como los citados anteriormente *Google Maps*TM o *Microsoft® Bing™ Maps*), pero se han de procesar las instrucciones facilitadas por éstos para adaptarlas a las necesidades cognitivas de los usuarios. Así, se propone dividir la ruta generada en una secuencia de instrucciones atómicas, “continúa recto”, “gira a la derecha” y “gira a la izquierda”. Esta representación de la ruta resulta realmente sencilla de entender y es fácilmente mecanizable. Sin embargo, necesita de técnicas adicionales para limitar la validez de las instrucciones, es decir, avisar al usuario hasta cuándo se ha de continuar caminando recto o el ángulo de giro. Como se verá en la etapa de guiado, la propuesta es notificar al usuario mediante imágenes de los puntos de decisión y alarmas.

6.1.4. Guiado

La navegación humana requiere que se mantenga la orientación. Para ello, inconscientemente, empleamos la identificación de puntos de referencia y una estimación basada en la propiocepción. Pero, como se vio en la Sección 3.3.2, estos mecanismos pueden llevar a imprecisiones que pueden suponer que el usuario se pierda. En este sentido, la tecnología puede aportar mucho gracias al seguimiento continuo que ofrece el GPS. De esta forma, los sistemas de navegación comerciales conocen la posición del usuario continuamente y ofrecen alertas cuando se han de tomar decisiones, giros, etc. Este planteamiento presenta un problema, y es que el usuario delegue totalmente en el sistema y no preste atención al entorno ni a la ruta. Es decir, que se deje llevar. Este hecho, que puede resultar de poca importancia, no lo es en este caso. Como se especificó en el análisis de requisitos, el sistema debe promover la dualidad asistencia – entrenamiento (**RF4**), es decir, no sólo ayudar al usuario a llegar a su destino (en

²<https://www.google.es/maps/> (último acceso: enero 2015)

³<http://www.bing.com/maps/> (último acceso: enero 2015)

el caso de AssisT-Out), sino que debe promover el aprendizaje de las rutas y favorecer la adquisición de destrezas para manejarse en otras rutas como, por ejemplo, la identificación de puntos de referencia.

Con respecto al guiado de personas con diversidad funcional intelectual, como ya se presentó en el Capítulo 3, varios estudios han evaluado las opciones para hacer llegar las instrucciones al usuario: mapas, flechas superpuestas, realidad aumentada, fotografías de puntos de referencia, etc. Así como la combinación de estas con notificaciones auditivas. De los estudios se concluye que una de las opciones que mejor funcionó fue la identificación de puntos de referencia mediante imágenes. Además, este mecanismo presenta características muy similares a las utilizadas en AssisT-Task. Por lo tanto, se propone utilizar este método para complementar las instrucciones atómicas. Así, el guiado de AssisT-Out se apoya sobre tres bases: instrucciones atómicas, distancia recorrida y reconocimiento de puntos de referencia.

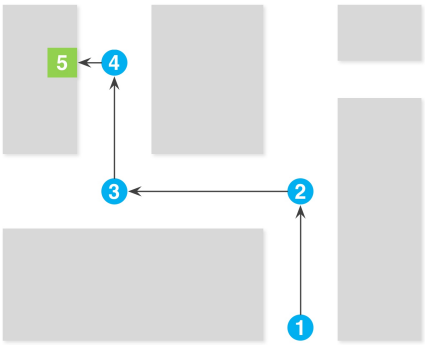
Instrucciones atómicas

El cálculo de la ruta se delega a servicios de mapas comerciales, sin embargo, las instrucciones recibidas se procesan para generar una secuencia de instrucciones atómicas más sencillas y comprensibles por el usuario. Así, estas instrucciones se limitan a “continúa recto”, “gira a la derecha” y “gira a la izquierda”. Por ejemplo, en la Figura 6.1 se muestra una ruta para ir del punto 1 al 5 (a). La ruta requiere realizar dos giros de 90 grados (uno a la izquierda y otro a la derecha) y, finalmente, el destino se encuentra en la acera de la izquierda. En (b) y (c) se han listado las instrucciones que genera el servicio de cartografía (b) y cómo serían tras el procesado de AssisT-Out (c). Las instrucciones son las mismas en esencia, pero se han simplificado en instrucciones atómicas y repetitivas. Además, se evita el uso de puntos cardinales y nombres de calles. Como se verá más adelante, la forma de indicar los puntos donde se han de tomar las decisiones se referencian gracias al uso de imágenes a pie de calle.

Puntos de referencia

El problema de generar instrucciones atómicas a partir de las recibidas por los servicios de cartografía es que, como se ha visto en la Figura 6.1, generalmente incluyen información adicional para ayudar en la orientación (puntos cardinales y nombres de calles, principalmente). Por lo tanto, las instrucciones sencillas se tienen que ver reforzadas con técnicas adicionales que permitan la identificación de los puntos de decisión. Es decir, los puntos donde se debe realizar un giro.

Para ello, se propone la identificación de puntos de referencia. El usuario, además de recibir una instrucción, se le muestra una fotografía con la vista que tendría que tener



(a)

<i>Servicio de cartografía</i>	<i>AssisT-Out</i>
<ul style="list-style-type: none">■ Dirígete al Norte por la calle “1–2”.■ Gira a la izquierda hacia la calle “2–3”.■ Gira a la derecha a la calle “4–5”. Tu destino está a la izquierda.	<ul style="list-style-type: none">■ Gira (hasta encontrar la vista)■ Continúa recto■ Gira a la izquierda■ Continúa recto■ Gira a la derecha■ Continúa recto■ Has llegado a tu destino
(b)	(c)

Figura 6.1. Ejemplo de ruta (a), instrucciones provistas por el servicio de cartografía (b) y procesadas por AssisT-Out (c).

cuando llegase al punto de decisión. Así las instrucciones atómicas se completarían con “... hasta que veas la vista de la foto”. Estas fotografías las podrían tomar los cuidadores y procesarlas (destacar elementos, por ejemplo) pero, de cara a liberarles de esa carga adicional, se hace uso del servicio Google StreetView™, que provee imágenes a pie de calle de la ubicación que se requiera. De este modo, el cálculo de la ruta y las imágenes necesarias se delega totalmente a servicios de terceros.

Retomando el ejemplo de la Figura 6.1, la ruta contaría con un total de 7 imágenes, como se muestra en la Figura 6.2. El primer conjunto instrucción – imagen sirve para orientar al usuario en la dirección correcta. La imagen mostrada es una vista desde el lugar en el que se encuentra hacia la dirección en la que se encuentra el siguiente punto. Una vez se ha orientado, se le muestra la segunda instrucción (“Continúa recto hasta que veas...”) y la foto asociada al punto ②. La imagen se toma un poco antes

del punto de decisión y girada hacia la izquierda. De esta forma, se provee una vista que permite ver la calle por la que se tiene que girar de una forma más clara. Una vez el usuario llega al punto ②, se le indica que tiene que girar a la izquierda y se le muestra la imagen de la calle que tiene que ver (vista desde el punto ③). Cuando se realiza el giro, se le vuelve a indicar que continúe recto hasta el siguiente punto ④. Así sucesivamente hasta llegar al punto ⑦, donde se le indicará que ha llegado a su destino y se mostrará la imagen asociada al mismo, que ha sido seleccionada previamente por el cuidador.

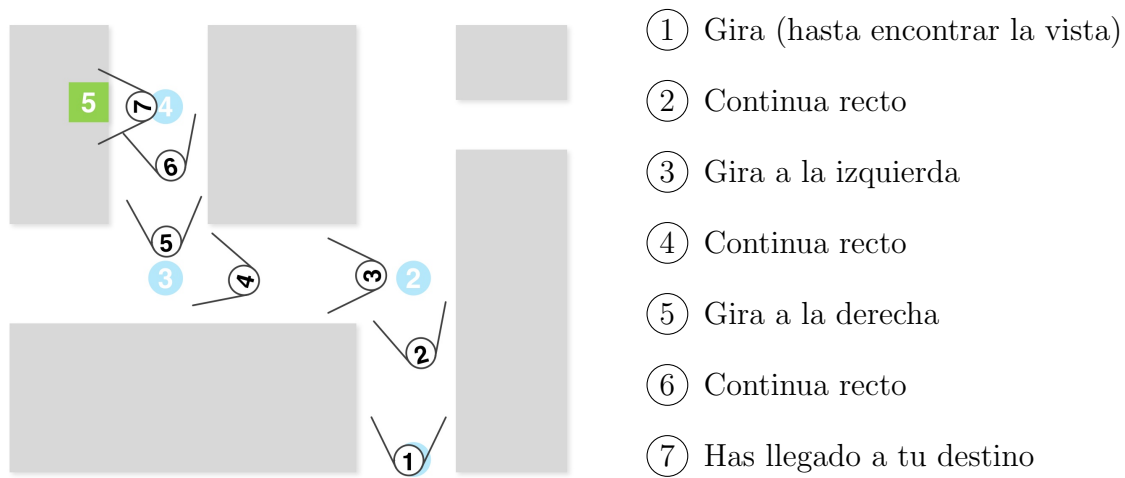


Figura 6.2. Ejemplo de vistas mostradas e instrucciones asociadas en una ruta de AssisT-Out.

Adaptación al usuario

Como se ha visto a lo largo de esta sección, el proceso de guiado se ha planteado centrándose en las necesidades del usuario. En primer lugar, la selección del destino, restringida a una lista de posibles puntos de interés prefijados por el cuidador. En segundo lugar, la mecánica de las instrucciones, simplificándolas al máximo y potenciando el aprendizaje mediante un proceso repetitivo. En este mismo sentido, el método seguido para proveer estas instrucciones también se ha planteado para obtener el máximo rendimiento del usuario, de acuerdo a sus capacidades.

Por otro lado, el sistema cuenta con un mecanismo de prevención del pánico. Es decir, en el caso que el usuario se sienta perdido o en una situación de estrés, puede establecer una comunicación con su cuidador con tan sólo pulsar un botón.

Adaptación a la actividad

La actividad, en este caso, se puede entender como el seguimiento de una ruta. La adaptación en este sentido está estrechamente relacionada con la adaptación al usuario. Se ha planteado un mecanismo de procesado y presentación de la ruta adaptado que minimiza la complejidad de las órdenes, apoyándose en instrucciones atómicas e identificación de puntos de referencia a lo largo de la ruta.

Además, el sistema cuenta con un mecanismo de alarmas de forma que, conforme se acerca el punto de decisión, se notifica al usuario para que esté atento y preste atención tanto al teléfono como al entorno. En un principio, se acordó que estar “cerca” del punto de decisión significaba encontrarse a menos de dos veces la precisión del GPS en ese momento. Es decir, si a precisión era de 5 metros, la alarma se activaría cuando el usuario se encontrase a unos 10 metros del punto de decisión. Como se verá, en la versión final, este cálculo se refinó, incluyendo la distancia del tramo a recorrer, ya que se podía dar la situación de tener que recorrer un tramo demasiado corto y, nada más empezar, se activaba la alarma.

En este mismo sentido, los botones también se dotaron de cierta sensibilidad a la localización del usuario. En concreto, el botón para pasar al siguiente paso por defecto se encuentra desactivado hasta que se encuentra cerca del punto de decisión. Este mecanismo evita que el usuario salte pasos inconscientemente y se pueda perder.

Adaptación a la tecnología

En este sentido, AssisT-Out no sería posible sin la existencia de *smartphones*. Sus capacidades de localización, comunicación e interacción permiten que el sistema funcione en cualquier lugar y momento y no se restrinja únicamente a entrenamientos o simulaciones. Otra componente fundamental del sistema son los servicios de cartografía (Google MapsTM y Microsoft[®] BingTM Maps) y de imágenes (Google StreetViewTM). Estos servicios permiten el despliegue rápido y sencillo del sistema.

Adaptación al contexto

El contexto fundamental en AssisT-Out es la localización del usuario. Para detectar y rastrear la posición del usuario se utiliza la señal GPS que proporciona esta información de forma precisa. Sin embargo, en algunas ocasiones este sistema falla debido a degradación en la señal. En esos casos, el sistema registra la pérdida en la precisión de la señal para su posterior análisis.

6.1.5. Registro

Como ya se introdujo, todos los módulos guardan un registro de actividad personalizado para cada usuario. En el caso de AssisT-Out, las actividades registradas se pueden clasificar en dos tipos: por un lado, las interacciones con el *smartphone*, como pulsar un botón, cargar una cierta imagen o seleccionar un destino. Por otro lado, se almacena la información proporcionada por el GPS y la brújula durante todo el recorrido. Además, esta información se etiqueta con marcas temporales. Así, se puede comparar la ruta seguida por el usuario frente a la prevista y analizar los tiempos empleados.

6.2. Arquitectura

La arquitectura de AssisT-Out se basa en una estructura cliente – servidor. Por un lado, el cliente (la aplicación móvil), es el encargado de localizar e interactuar con el usuario. Por el otro lado, el servidor es el encargado de almacenar toda la información de los usuarios, destinos y registros. Además, se encarga de resolver las rutas mediante comunicación con servicios externos (Google Maps™ y Microsoft® Bing™ Maps) y provee las imágenes que se mostrarán en los puntos de decisión que se solicitan a Google Street View™.

En la Figura 6.3 se ha representado un diagrama de esta arquitectura. La comunicación con la aplicación móvil es bidireccional, ya que el cliente solicita información al servidor pero además actúa como proveedor de localización. Por otro lado, la herramienta de autor permite a los cuidadores revisar y gestionar la información de los usuarios, destinos y registros de actividad.

La base de datos, como ya se introdujo en la Sección 4.4 contiene tablas propias de cada módulo y compartidas (información de usuarios, tutores, etc.). En lo que se refiere a AssisT-Out, se cuenta con tablas para almacenar y recuperar los destinos de los usuarios, y los registros de localización (ruta propuesta y ruta seguida).

El núcleo principal del servidor se encarga de calcular la ruta entre la localización del usuario y el destino y gestionar todas las comunicaciones. Para el cálculo, se comunica con los servicios de Google Maps™ mediante la API que ambos servicios ofrecen. Esta comunicación se realiza a través de solicitudes *HTTP* estándar que, en el caso de Google Maps™ tienen el siguiente formato:

```
http://maps.googleapis.com/maps/api/directions/output?  
parameters
```

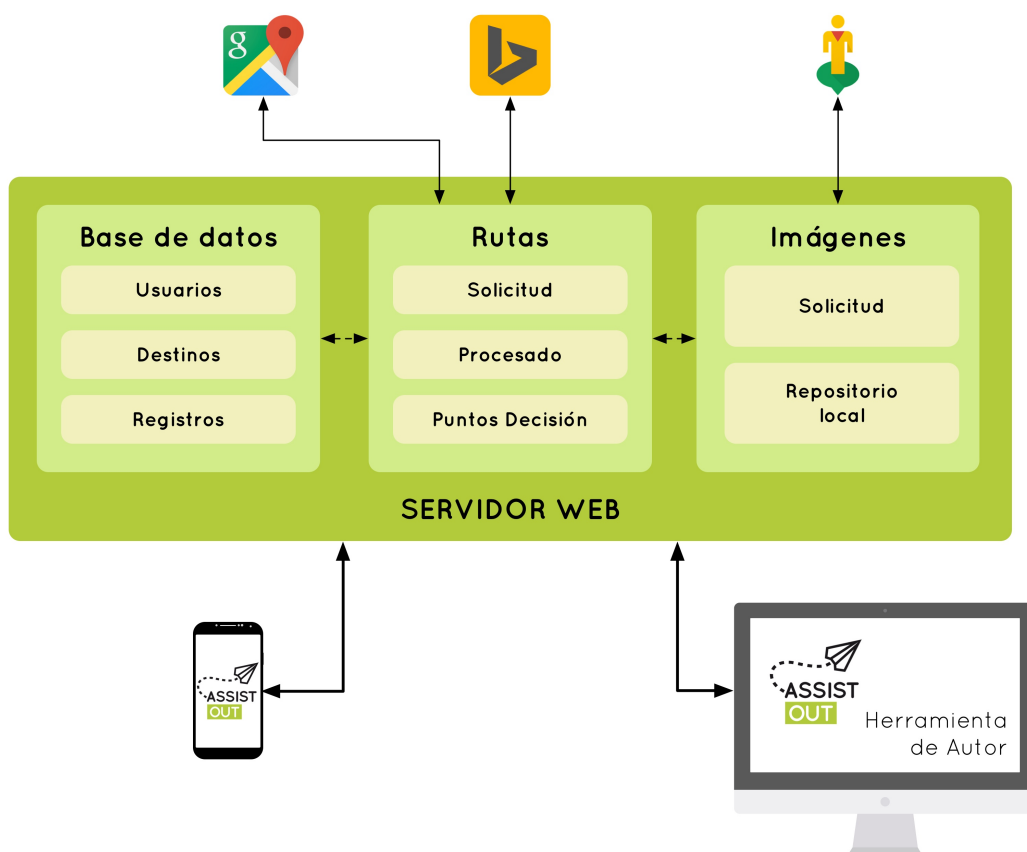


Figura 6.3. AssisT-Out: arquitectura.

Donde output puede ser xml o json y los parámetros utilizados en este caso son:

- **origin:** el punto de origen de la ruta, especificado en términos de latitud y longitud o la dirección exacta.
- **destination:** el punto de destino, con las mismas opciones de formato que el punto de origen.
- **mode:** el medio de transporte para el que se desea calcular la ruta. En este caso, se le asigna el valor “walking”.

Y un ejemplo de petición completa sería:

```
http://maps.googleapis.com/maps/api/directions/json?origin
=40.499997,-3.692168&destination=40.501345,-3.690625&
sensor=false&mode=walking
```

En el caso de Google Maps™, por ejemplo, el objeto respuesta contiene un *array* de rutas con las diferentes alternativas, ordenadas de mejor a peor, de acuerdo al criterio

de su algoritmo. Generalmente, la ruta obtenida para peatones es la más corta. Cada ruta se compone de una lista de *steps*, que son cada una de las instrucciones que se han de seguir durante la ruta. En el Apéndice A.4 se pueden encontrar dos ejemplos del código devuelto por Google Maps™ para el cálculo de las rutas llevadas a cabo en la evaluación del sistema. Del conjunto de pasos obtenido se extraen los puntos de decisión de la ruta. Así, se analizan las diferentes instrucciones en búsqueda de expresiones que indiquen giros. De esta forma, se puede crear la nueva lista de pasos, en la que se alternarán las instrucciones atómicas de caminar recto y realizar los giros, como se ha visto anteriormente.

Una vez se obtiene la lista de pasos, para cada uno se genera la vista más apropiada. Para ello, se consulta a Google StreetView™ de forma similar a la solicitud de la ruta, indicando una serie de parámetros para obtener la imagen requerida.

```
http://maps.googleapis.com/maps/api/streetview?parameters
```

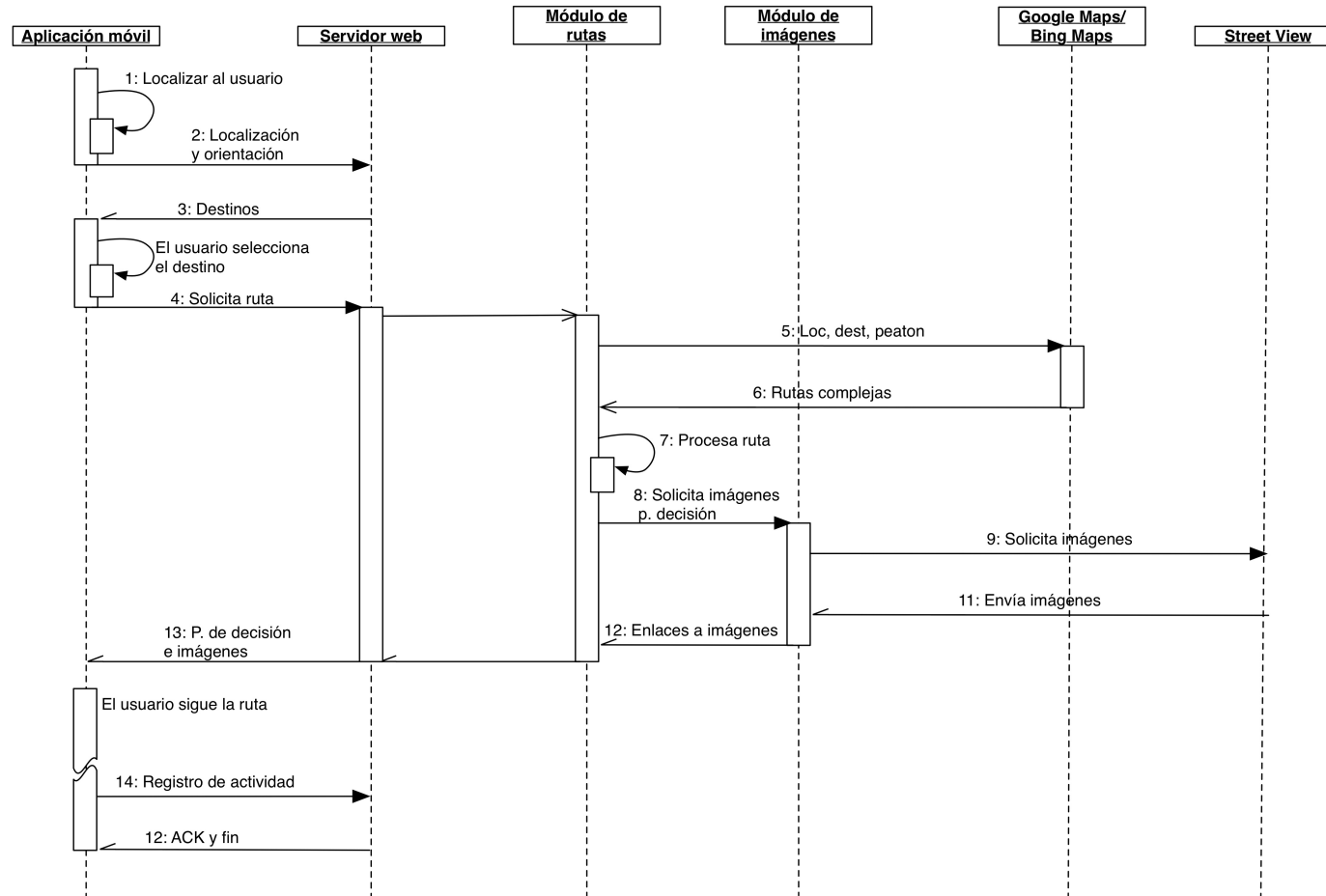
Los parámetros utilizados en este caso son:

- **size:** indica el tamaño deseado de la imagen.
- **location:** es la localización geográfica de la que se quiere solicitar la imagen. Se puede especificar mediante latitud y longitud o la dirección.
- **heading:** es la orientación con la que se desea obtener la imagen, siendo 0/360 el Norte, 90 el Oeste, 180 el Sur y 270 Oeste.

Y un ejemplo de petición completa sería:

```
http://maps.googleapis.com/maps/api/streetview?location  
=40.546583,-3.691393&size=400x400&heading=340
```

Tras procesar la petición, la API de StreetView devuelve la imagen solicitada. Este proceso se repite para todos los pasos de la ruta y, una vez se tiene toda la información, se genera un nuevo objeto JSON con los pasos y las vistas asociadas y se envía al *smartphone*. Una vez la aplicación móvil recibe los datos de la ruta, presenta cada uno de los pasos hasta guiar al usuario al destino. En la Figura 6.4 se presenta el diagrama de secuencia de este proceso.

**Figura 6.4.** AssisT-Out: diagrama de secuencia.

6.3. Modelo de datos

El modelo de datos de AssisT-Out debe ser capaz de almacenar información de los usuarios, que como ya se vio es un elemento compartido por todos los módulos del sistema integral, y los posibles destinos. A la hora de diseñarlo e implementarlo en la base de datos, se siguió el modelo entidad – relación de la Figura 6.5.

Este modelo incluye dos tipos de entidades principales, el usuario (con los atributos de los que ya se ha hablado) y los posibles destinos que puede visitar. Además, se incluye un tipo de entidad auxiliar que es localización. Este tipo auxiliar permite asociar coordenadas geográficas tanto a los destinos como a los usuarios. En este último caso, se incluye una marca temporal, ya que la posición del usuario no es fija en el tiempo.

Con respecto a los destinos, todos tienen un identificador único, un nombre representativo, dirección, imagen (la que se mostrará en la última instrucción de las rutas) y un icono. Este último, se incluyó en la última versión del prototipo para que el usuario pudiese identificar fácilmente el destino en la lista.

En lo que respecta a las relaciones, un usuario puede tener varios destinos. Éstos serán sólo suyos. En caso de que dos usuarios compartan una localización, se almacenarán como dos entradas diferentes. De esta forma, se pueden realizar ciertas personalizaciones, como el nombre a mostrar o el icono.

6.4. Aplicación móvil

En el diseño de la aplicación móvil, al igual que en el caso de AssisT-Task, se ha seguido un proceso de diseño iterativo centrado en el usuario. Pero, en este caso, sólo se desarrollaron dos prototipos. Como se detallará más adelante, el primer prototipo consistió en un “Mago de Oz”, es decir, un prototipo que parece funcionar de forma autónoma, pero que en realidad lo hace bajo control de una persona. Este se diseñó y desarrolló con la intención de validar la propuesta de guiado. Por el contrario, la versión final era completamente funcional.

El hecho más importante de este proceso de diseño fue la propuesta de unificar interfaces en todo el sistema, de forma que la transición de un módulo al otro, en lo que a interacción se refiere, sea transparente para el usuario. En este sentido, el diseño y desarrollo de la versión final de AssisT-Out coincidió con el segundo prototipo

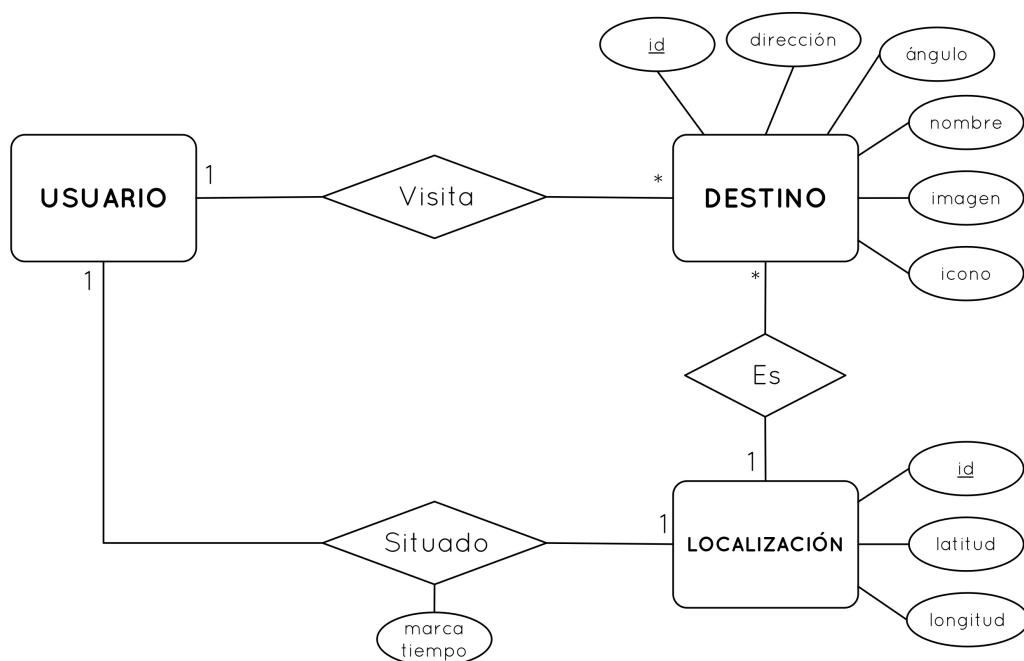


Figura 6.5. AssisT-Out: diagrama entidad-relación del modelo de datos.

de AssisT-Task, por lo que algunas de las decisiones tomadas en la discusión de este prototipo se aplicó en el otro, y viceversa.

6.4.1. Primer prototipo

Esta primera aproximación consistió en una serie de maquetas que se discutieron con expertos en el entrenamiento de personas con diversidad funcional intelectual. El objetivo de este prototipo era valorar si la idea del guiado basado en instrucciones atómicas e imágenes de puntos de referencia podría ser efectiva para el guiado de estas personas. Además, se quería valorar la viabilidad que tendría un sistema de este tipo en el mundo real, desde el punto de vista de posibles evaluaciones con usuarios.

Además de las maquetas, se discutieron las interfaces de diferentes aplicaciones comerciales para valorar si eran adecuadas o no, valorar los puntos clave de éstas y evaluar si serían aplicables a AssisT-Out. Las aplicaciones concretas se encontraban disponibles en la tienda de aplicaciones Google Play⁴.

La mayoría de estas aplicaciones presentan mapas sobre los que se superpone la ruta a seguir e información adicional, como velocidad, tiempo al destino, puntos de interés,

⁴<https://play.google.com/store> (último acceso: enero 2015)

etc. En general, existe una sobrecarga de información en las interfaces que, para este tipo de usuarios, se debe evitar. Por lo tanto, se concluyó que la interfaz de usuario debía ser minimalista. Sin embargo, sí se debía proporcionar información para facilitar el reconocimiento de los puntos de decisión. Para ello, se incluyeron las fotografías y, además, una barra de progreso sensible al avance del usuario. Conforme se acerca al punto de decisión se va llenando y, de forma muy visual, el usuario puede hacerse una idea de la distancia que le falta por recorrer.

Por otro lado, y de cara a proporcionar una asistencia integral, tanto la estética como la interacción debían ser similares a las de AssisT-Task. Además, los cuidadores aportaron una serie de funcionalidades con las que debía contar el sistema, como un sistema de notificación en caso de que el usuario se perdiese y la posibilidad visualizar la localización de los usuarios en tiempo de ejecución.

A partir de la propuesta de guiado, y en base al análisis de las aplicaciones comerciales, se propuso diseñar un prototipo funcional que, siguiendo la metáfora de interacción de AssisT-Task, guiase al usuario en sus desplazamientos.

El diseño de la interfaz se basó en el de la primera versión de AssisT-Task. Sin embargo, para cumplir con los requisitos discutidos con los educadores, sobre esa misma interfaz, se añadieron algunos elementos. En la Figura 6.6 se muestra la maqueta final que se diseñó junto con los educadores.



Figura 6.6. AssisT-Out: maqueta de la interfaz.

Como se puede apreciar en la figura, en la parte superior se encuentra la instrucción, en el centro se reserva la mayor parte del espacio para la imagen representativa que, en este caso, será la “vista” a buscar, y en la parte inferior se han colocado los botones de navegación para moverse por los diferentes pasos, de forma parecida a AssisT-Task. Sin embargo, se incluyeron dos elementos adicionales: el botón de ayuda y la barra de progreso. El botón de ayuda (en la parte superior y de color rojo) permite notificar al cuidador en caso de pérdida o situación de estrés. Al pulsarlo, se le hará llegar la

información precisa sobre la localización del usuario. Por otro lado, la barra de progreso permite dar un *feedback* visual sobre la distancia aproximada hasta el siguiente punto de decisión, cuya “vista” se muestra justo encima.

La implementación se planteó como un experimento tipo “Mago de Oz” [118], en el que no se llegaron a desarrollar todas las funcionalidades, pero sí daba la sensación de sistema completo e independiente. En concreto, para el cálculo de rutas no se utilizó la comunicación con los servicios de cartografía, sino que se generó la información manualmente y se cargó en el dispositivo. Esta decisión se tomó para ahorrar tiempos en el desarrollo y poder plantear una prueba de campo con usuarios y así poder validar la propuesta de guiado.

A pesar de haber restringido en cierto modo la funcionalidad del prototipo, sí se consideraron parte de los requisitos y se plantearon diferentes soluciones como, por ejemplo, la posibilidad de ser utilizado por múltiples usuarios. En este caso se implementó mediante una lista de selección en el menú de configuración, por lo que los usuarios no se seleccionaban a sí mismos, sino que era tarea del cuidador configurar la aplicación correctamente para que la experiencia fuese personalizada. En este sentido, la lista de destinos también era personalizada. Otra consideración que se tuvo en cuenta fue la posibilidad de ofrecer la interfaz en diferentes idiomas. Al utilizar instrucciones muy sencillas y ser siempre las mismas, la traducción de un idioma a otro resulta directa. Así, la interfaz se podía configurar para que los textos se mostrasen en cualquier idioma.

En la Figura 6.7 se muestran algunas capturas de pantalla correspondientes a la versión en inglés. En (a) se muestra la lista de posibles destinos para el usuario. Una vez se selecciona el deseado, se comienza el guiado de forma automática, pasando a la pantalla mostrada en (b). Esta instrucción inicial tan sólo indica al usuario hacia qué dirección debe mirar para, una vez orientado, comenzar la navegación. La captura (c) presenta un punto de decisión en el que se girará a la izquierda. De ahí que la imagen mostrada está sensiblemente orientada en esa dirección. Además, como se puede ver, el usuario se encuentra a mitad de camino (como así lo indica la barra) y el botón de navegación al siguiente paso está desactivado, ya que aún no está cerca de este punto. La captura (d) se corresponde con la instrucción final, en la que se muestra el destino al que se desea llegar.

Pruebas de campo

Como se ha dicho anteriormente, la intención del desarrollo de un prototipo funcional básico era poder llevar al campo de pruebas la propuesta de guiado. Así, una vez superadas las pruebas de laboratorio, se propuso realizar una prueba con dos usuarios con diversidad funcional intelectual. Los perfiles de los participantes se encuentran en la Tabla A.3. Como se puede observar, ambos usuarios eran jóvenes adultos de na-



Figura 6.7. AssisT-Out: capturas de pantalla del primer prototipo. (a) Selección de destino. (b) Instrucción inicial. (c) Instrucción intermedia. (d) Instrucción destino final.

cionalidad finlandesa. Presentaban un grado de discapacidad moderado a grave y no realizaban desplazamientos de forma autónoma. Por otro lado, su relación con la tecnología era bastante limitada y, a pesar de tener teléfono móvil, no se trataba de un *smartphone*. El último dato de la tabla (Puntuación SBSODS) se corresponde con la puntuación sacada en el test “*Santa Barabara Sense Of Direction Scale*” (SBSODS) [119]. Este test evalúa la percepción que tiene el usuario sobre sus capacidades a la hora de realizar tareas que implican navegación y mapas. La versión original del test (en inglés) se puede encontrar en la Sección A.2.2 del Apéndice A. El test cuenta con 15 preguntas (la mitad planteadas con sentido positivo y la otra mitad con sentido negativo), cada una con respuestas en el rango 1 (Completamente de acuerdo) – 7 (Completamente en desacuerdo). La puntuación reflejada en la tabla se corresponde a la obtenida tras invertir las respuestas positivas, por lo tanto, una puntuación más alta indica un mayor sentido de la orientación [120].

El recorrido que se planteó consistió en ir de la estación de trenes al Ayuntamiento de la ciudad de Oulu (Finlandia). Este camino resultaba desconocido para ellos, ya que vivían en las afueras de la ciudad. La ruta tenía una longitud aproximada de 650 metros y se componía de 6 cruces de calles, en dos de los cuales se debía realizar un giro (de 90 grados a la izquierda). En la Figura 6.8 se muestra un esquema de la ruta. Partiendo del punto A (estación de tren), se debía recorrer la ruta (flechas verdes) encontrándose con diferentes cruces de calles (numerados del 1 al 6). Tan sólo en los puntos 1 y 6 se debían realizar giros (de 90 grados) a la izquierda.

Antes de realizar la ruta guiados por el teléfono, los usuarios recibieron un pequeño entrenamiento en una ruta alternativa de prueba. Durante esa ruta, se les mostraron todas las características del prototipo, haciendo especial hincapié en que debían prestar atención al entorno y a la imagen mostrada. Además, se les enseñó cómo funcionaba la

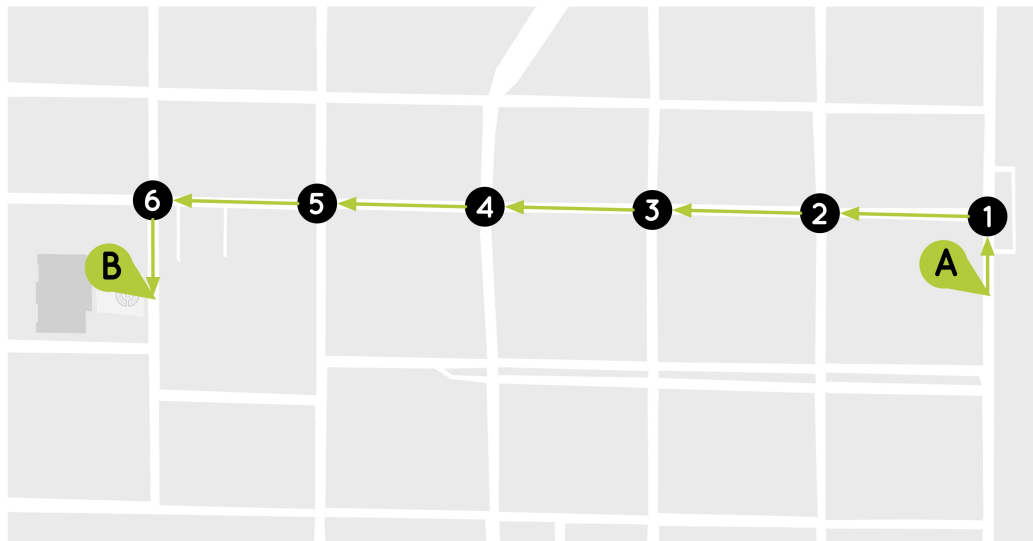


Figura 6.8. AssisT-Out: diagrama de la ruta de la prueba inicial.

barra de progreso así como las alarmas. Una vez comprendieron cómo funcionaba, se les equipó con un casco de bicicleta en el que se montó una cámara para poder grabar su punto de vista. Durante el recorrido se les pidió que pensasen en alto para recoger así sus opiniones y sensaciones. Además, en todo momento fueron acompañados (unos metros por detrás) por tres personas.

Tanto el registro que guardó la aplicación como el análisis posterior de los vídeos permitió realizar un estudio sobre el rendimiento del sistema. Uno de los parámetros que se estudió fue el tiempo empleado por cada usuario, distinguiendo entre el tiempo caminando y el tiempo en los diferentes cruces, mientras se tomaba la decisión sobre la dirección en la que continuar. Estos tiempos se han recopilado en la Tabla 6.1. Como se puede ver los tiempos totales para ambos usuarios fueron muy similares. El participante 1, a pesar de emplear más tiempo caminando, tomó las decisiones más rápido que el segundo, de forma que los tiempos se equilibraron. Este hecho es realmente interesante ya que, claramente, el tiempo total viene influenciado por la velocidad de detección de los puntos de referencia y el análisis de las posibles direcciones a tomar.

Del análisis de la sesión se pudo concluir que el prototipo funcionó correctamente. Ambos usuarios llegaron al destino en un tiempo razonable para ser una ruta nueva y sin recibir ningún tipo de ayuda externa. Con respecto al método de guiado, ambos usuarios comprendieron y ejecutaron las órdenes correctamente y en los lugares donde debían, identificaron correctamente las vistas mostradas en los puntos de decisión (1 y 6 en el diagrama) y prestaron especial interés en la barra de progreso y a las alarmas.

Tras realizar la ruta, ambos usuarios contestaron al test “USE Questionnaire” [121], pero traducido a su lengua materna. Este cuestionario, muy extendido en evaluaciones de usabilidad, recoge la opinión del usuario en base a cuatro ámbitos: utilidad, facili-

	PARTICIPANTE 1		PARTICIPANTE 1	
	Caminando	Decision	Caminando	Decision
Inicio	–	11	–	28
Cruce 1	9	16	10	8
Cruce 2	107	22	123	11
Cruce 3	126	8	140	33
Cruce 4	122	46	136	110
Cruce 5	133	20	133	77
Cruce 6	289	13	146	28
Fin	85	–	109	–
Parciales	871	136	797	295
Totales	1007		1092	

Tabla 6.1. AssisT-Out: tiempos empleados durante la prueba de campo inicial.

dad de uso, facilidad de aprendizaje y satisfacción. La versión original (en inglés) se encuentra en la Sección A.2.3 del Apéndice A. Los resultados del cuestionario fueron muy buenos pero no se puede extraer una conclusión clara, ya que de acuerdo con [114], las respuestas de estas personas a preguntas tipo *likert-scale* (rangos numéricos), suelen polarizarse hacia los extremos. Lo que sí resultó muy interesante fue su respuesta a la pregunta sobre qué era lo que más les había gustado. Ambos usuarios coincidieron en que la barra de progreso junto con la alarma resultaba muy práctica para saber que estabas llegando.

6.4.2. Versión final

La última versión de la aplicación supuso implementar la funcionalidad completa. La ruta se calculaba y procesaba en tiempo de ejecución. Inicialmente, se pensó que este procesado afectaría negativamente al rendimiento, sin embargo en las pruebas de laboratorio no se percibió tal efecto y se comprobó que la aplicación funcionaba de forma fluida.

Siguiendo con las funcionalidades, tras la prueba de campo realizada se comprobó que había inconsistencias en la gestión de la barra de progreso. En la versión anterior sólo funcionaba en los tramos rectos, por lo que en los giros los usuarios no disponían de ningún tipo de refuerzo más que la fotografía. De acuerdo con estudios como [75], muchas personas con diversidad funcional intelectual confunden la derecha y la izquierda. Por lo tanto, en este caso, las decisiones en los giros se podían basar en puro azar, lo que repercutiría tanto en el desempeño del usuario, como en su aprendizaje. De este modo, se planteó que esta versión incluiría el *feedback* de la barra de progreso también en los giros, de forma que se llenaba de color verde conforme se giraba hacia la direc-

ción correcta y, una vez la orientación era la acertada, se activaba la alarma y el botón para recibir la siguiente instrucción. En relación con las alarmas, también se mejoró el método de cálculo de la activación. En la primera versión tan sólo se basaba en la precisión del GPS, mientras que en esta se incluyó la longitud del tramo a recorrer: se escogía como punto de inicio de la alarma el más cercano al punto de destino, entre el valor de dos veces la precisión del GPS (como en el primer prototipo) y el 90 % del tramo. De esta forma se evitaba que, en casos donde el tramo a recorrer era corto se active la alarma nada más empezar. Finalmente, se activó la síntesis de voz, de forma que las instrucciones se podían configurar para recibirse también oralmente. Como se verá, esta decisión fue clave para poder incluir a usuarios con problemas de visión.

Para implementar estas funcionalidades se desarrollaron diferentes módulos con funciones específicas en cada uno de ellos. En la Figura 6.9 se han representado en forma de diagrama los diferentes bloques. Como se puede observar, existe una unidad de control central que es la encargada de gestionar el resto de módulos y comunicarse con el servidor web. Como módulos satélite a éste se encuentran el traductor de instrucciones, encargado de generar la indicación en el idioma del usuario a partir de la información recibida del servidor web; el servicio de geolocalización que, a partir de la información del receptor GPS y el sensor geomagnético (brújula), calcula la posición y orientación del usuario.



Figura 6.9. AssisT-Out: diagrama de módulos de la aplicación móvil.

Estrechamente relacionados con la interfaz de usuario, pero también con la geolocalización, se encuentran otros tres módulos: el gestor de alarmas, el gestor de ayuda y el registro de actividad. El módulo de alarmas es el encargado de, una vez el usuario se

encuentra lo suficientemente cerca del punto de decisión, hacer sonar la alarma y activar el botón para pasar al siguiente paso. Por otro lado, el gestor de ayuda se encarga de preparar la notificación al cuidador en el caso de que el usuario pulse el botón de ayuda. Por último, el módulo de registro es muy similar al de AssisT-Task, es decir, recopila toda la interacción que ocurre pero, de forma adicional, también realiza un registro de la localización y orientación del usuario.

Con respecto a la interfaz de usuario, la primera decisión fue unificar la estética de acuerdo a la de AssisT-Task, es decir, se utilizó la misma pantalla de selección de usuarios, el mismo fondo texturizado, botones y mensajes. Por otro lado, se mejoró la pantalla de selección de destinos. En esta versión, se cambió la lista textual por una lista de iconos y nombres, lo que facilitaría la búsqueda y selección del destino. Por ejemplo, mediante la fotografía de un familiar podría identificar fácilmente el destino como la casa de esa persona.

En la Figura 6.10 se muestran tres capturas de pantalla de AssisT-Out: (a) es la pantalla de carga del sistema. Una vez se ha seleccionado al usuario, el siguiente paso es localizarlo, por lo que se muestra una pantalla de espera. (b) Muestra los posibles destinos para el usuario. Como se puede ver, cada destino se representa mediante una imagen (esquemática, real, pictograma, etc.) y el nombre. Y (c) se corresponde con una instrucción en un momento de la ruta.

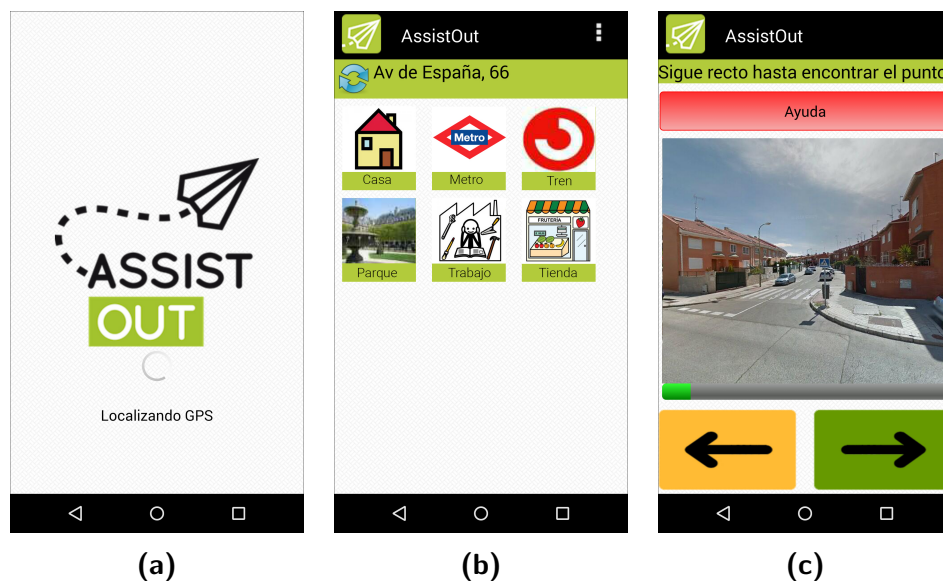


Figura 6.10. AssisT-Out: capturas de pantalla. (a) Localización del usuario. (b) Selección del destino. (c) Punto intermedio de una ruta.

La evaluación de esta versión de la aplicación se llevó a cabo de forma exhaustiva y, dada su extensión, se explica con detalle en la Sección 6.6. Para concluir, en la Tabla 6.2 se han recopilado y comparado las características más significativas de ambos prototipos con respecto a la funcionalidad, la adaptación a diferentes niveles y la interfaz.















	PROTOTIPO 1	VERSIÓN FINAL
<i>Funcionalidad</i>		
Usuarios	Varios (Configuración)	Varios (Pantalla selección)
Cálculo de ruta	Prefijado	Google Maps
Imágenes	Prefijadas	Street View
Barra de progreso	Rectas	Rectas/Giros
Alarmas	2 x Precisión	2 x Precisión y proporcional tramo
TTS		
Multi-idioma	 (es, en, fi)	 (es, en, fi)
Registro	email, local	BBDD, email, local
<i>Adaptación</i>		
Usuario		
Tarea		
Tecnología		
Contexto		
<i>Interfaz</i>		
Unificada		
Selección destino	Lista texto	Lista iconos y texto

Tabla 6.2. Resumen comparativo de las características de los prototipos de AssisT-Out

6.5. Herramienta de autor

Para facilitar la gestión de usuarios y destinos, tanto como para poder revisar los registros de actividad de cada desplazamiento, se ha desarrollado una herramienta de autor, basada en web, accesible para los cuidadores. Al iniciar sesión en el sistema, se le presenta una lista de los usuarios a su cargo, así como un mapa donde puede ver las últimas localizaciones en las que han usado AssisT-Out. En la Figura 6.11 se muestra una captura de pantalla de la herramienta. En el menú de la izquierda se muestran los nombres de los usuarios a cargo del cuidador⁵. En la parte derecha se muestra el mapa con la localización de los usuarios. El círculo gris indica que el usuario no tiene la aplicación de AssisT-Out activa en ese momento, pero que la última vez que se le localizó fue en ese punto, mientras que el círculo verde indica que ese usuario sí la tiene

⁵Por motivos de privacidad se ha desenfocado la imagen para que los nombres no sean reconocibles

activa y, por lo tanto, se le puede localizar en tiempo real.

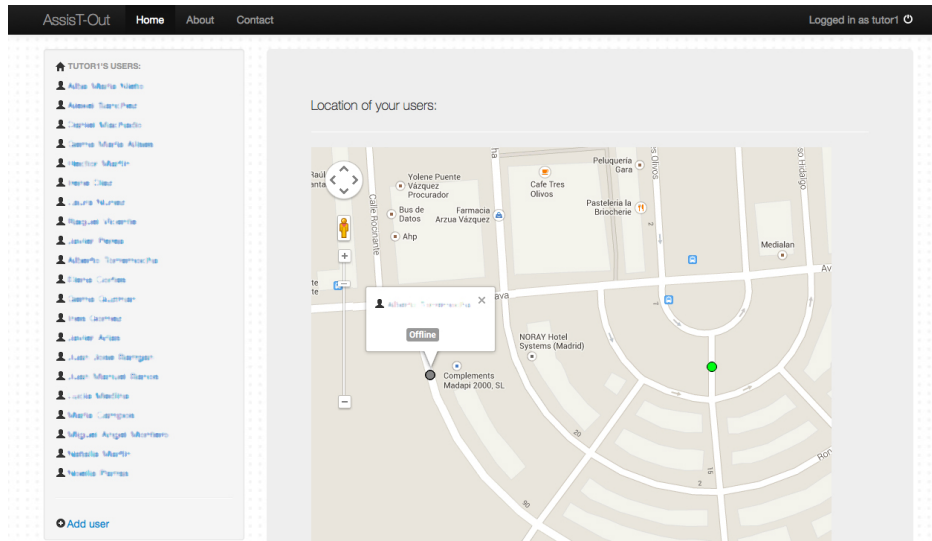


Figura 6.11. AssisT-Out: Captura de pantalla de la herramienta de autor. Vista inicial.

En esa pantalla, al seleccionar uno de los usuarios, se muestra la interfaz de la Figura 6.12. Ésta permite la gestión de los datos del usuario, la edición de sus destinos y acceder a los registros de ejecución. En la parte izquierda de la pantalla se mantiene la lista de usuarios para que el cuidador pueda cambiar de uno a otro de forma rápida. En la parte derecha se muestra la fotografía del usuario, los botones de herramientas (Editar usuario, borrar usuario, agregar un destino y acceder a los logs) y, en grande, un mapa con los destinos del usuario (círculos azules). Al pinchar sobre cada uno de ellos se muestra su nombre y una miniatura de la “vista” que se le mostrará al usuario como final.

Finalmente, si se accede a la revisión de registros, se muestra una lista ordenada temporalmente y, al pinchar sobre uno de los elementos, se muestra un mapa con la ruta seguida (círculos azules) y la ruta propuesta (en verde). En la Figura 6.13 se muestran dos ejemplos: en (a) el usuario ha seguido la ruta correctamente (la irregularidad del camino se debe a la precisión del GPS), mientras que en (b) el usuario cometió un error y siguió una ruta errónea.

6.6. Evaluación

La evaluación de la versión final de AssisT-Out se llevó a cabo con la intención de valorar su utilidad y funcionamiento como herramienta de guiado adaptada y, además, compararla con una herramienta de navegación comercial (Google Maps). Para ello,

6.6. EVALUACIÓN

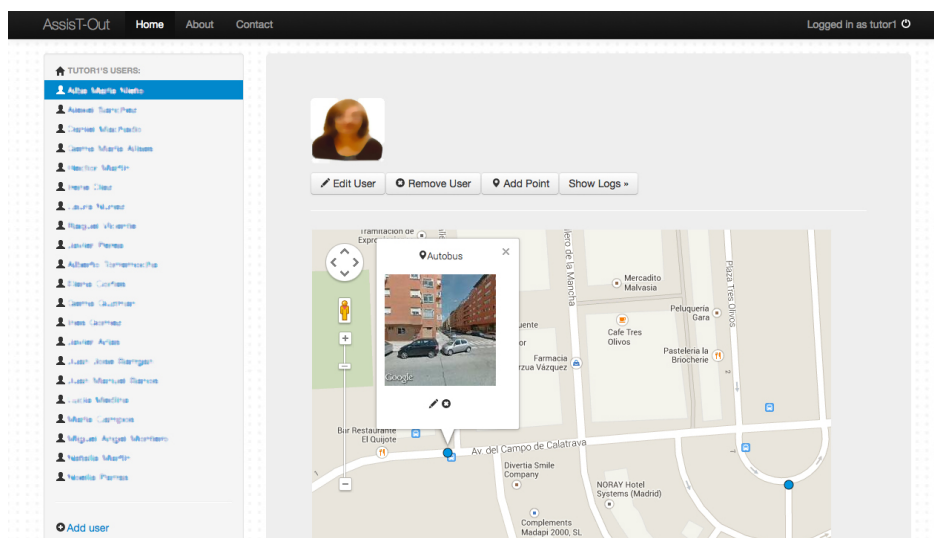


Figura 6.12. AssisT-Out: Captura de pantalla de la herramienta de autor. Vista gestión de usuario.

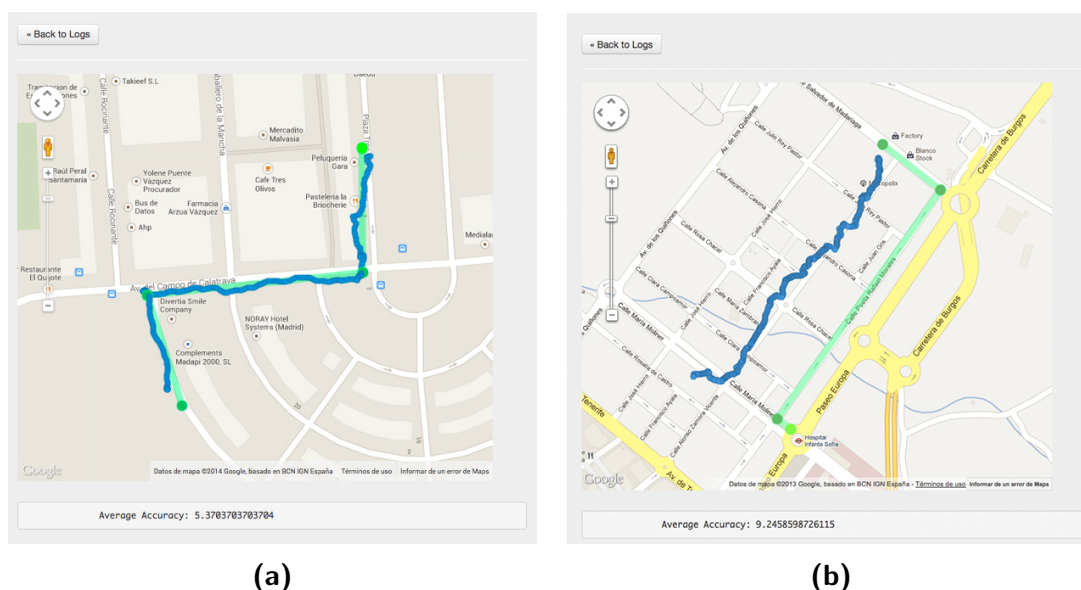


Figura 6.13. AssisT-Out: capturas de pantalla de la herramienta de autor. Vista de logs. (a) Ruta correcta. (b) Ruta incorrecta.

se contó de nuevo con la colaboración de la Fundación Síndrome de Down de Madrid (FSDM). Como se verá, el grupo de participantes también formaban parte de los cursos para capacitación laboral.

El objetivo de estos cursos es formar a las personas en las destrezas necesarias para conseguir y mantener un empleo y, así aumentar su nivel de autonomía e independencia. Con este objetivo, otra de las áreas en las que se trabaja es en los desplazamientos, tanto en los alrededores del domicilio, fundación y lugar de trabajo, como en los que

los unen y, generalmente, requieren del uso de transporte público. Durante el entrenamiento, un educador o preparador suele acompañar al usuario repetidamente, dando las indicaciones oportunas o señalando puntos de referencia. Por lo tanto, AssisT-Out puede encajar en este modelo formativo, liberando además a los cuidadores.

La aplicación Google Maps para Android ofrece un guiado basado en mapa, pero sensible a la orientación del usuario, es decir, el mapa gira automáticamente conforme lo hace el usuario. La ruta se destaca sobre el mapa con un trazo azul y se superponen flechas blancas en los giros. El usuario se representa mediante un icono en forma de flecha también azul, donde la punta se orienta en la misma dirección del usuario. Durante el guiado, el sistema recalcula la ruta en caso de que el usuario la abandone, ofreciendo así un gran nivel de adaptación. Además, ofrece la posibilidad de recibir las instrucciones de forma oral y añadir alarma por vibración cuando se ha de realizar un giro. Al concluir la ruta, tan sólo se muestra un mensaje que indica que se ha llegado al destino y se vuelve a la vista de mapa. En la Figura 6.14 se muestran dos capturas de pantalla de la aplicación Google Maps:

- (a) Se corresponde con la pantalla al comenzar la navegación, una vez el usuario ya se ha orientado en la dirección correcta. Como se puede ver en la figura, la interfaz cuenta con información adicional, como la distancia hasta realizar el giro, tiempo al destino, puntos de interés en el mapa, etc.
- (b) Se muestra la interfaz al terminar la ruta. El mensaje de llegada se muestra durante unos segundos en la parte inferior de la pantalla y luego desaparece, quedando reflejado en el mapa el punto de destino y la localización del usuario.

6.6.1. Metodología

Como en la evaluación de AssisT-Task, se siguió una metodología híbrida indagación – test, con técnicas de discusión en grupo, encuestas, grabación de sesiones y análisis posterior, “*thinking aloud*”, etc. El diseño del experimento también fue muy parecido ya que, al querer comparar dos herramientas, se propuso seguir un modelo *latin-square*. De acuerdo con este modelo, se requerirían al menos dos usuarios y dos tareas (en este caso, rutas) para poder hacer la comparación. De nuevo, al contar con suficientes usuarios, se hicieron dos grupos de forma que se pudieron tomar medidas repetidas.

En total participaron 18 personas, algunas de las cuales ya habían participado en la evaluación de AssisT-Task. Y se dividieron en dos grupos de 9 participantes cada uno. Dentro del grupo, para evitar sesgos debido a la edad, género o capacidades, la distribución de los usuarios era heterogénea. Sin embargo, a nivel de grupo, ambos eran equivalentes. Esta división se volvió a delegar en los educadores del centro, que

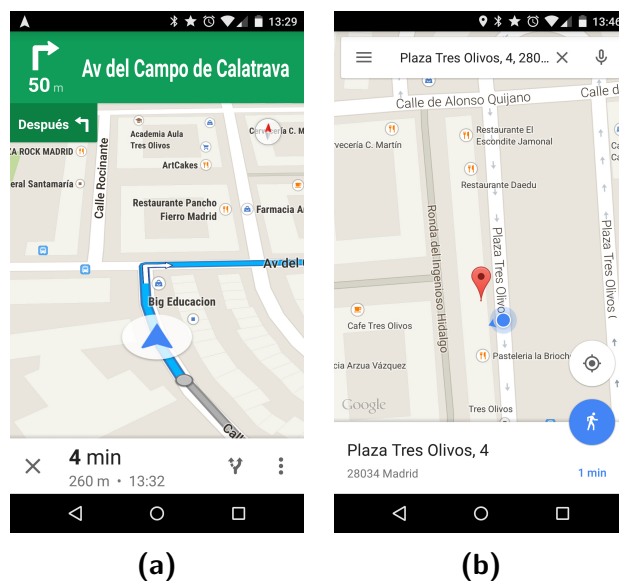


Figura 6.14. Capturas de pantalla de la herramienta Google Maps utilizada durante la evaluación. En (a) se muestra la pantalla inicial, una vez el usuario comienza a caminar en la dirección correcta. En (b) se muestra la pantalla final, una vez se ha llegado al destino y alertado mediante un mensaje durante unos segundos.

ajustaron la distribución de acuerdo a estos criterios y su capacidad a la hora de desplazarse de forma autónoma. La asignación de rutas, grupos y soportes se ha recogido en la Tabla 6.3.

	GRUPO A	GRUPO B
Ruta 1	Google Maps	AssisT-Out
Ruta 2	AssisT-Out	Google Maps

Tabla 6.3. AssisT-Out: distribución de tareas y soportes según el diseño *latin – square*.

La organización de las sesiones siguió un esquema sencillo y pensado para interrumpir en la menor medida el desarrollo normal de las clases. Así, se reservaron dos horas al día, dos días a la semana para realizar las rutas, lo que llevó 5 semanas. Se comenzó con la ruta 1 y, una vez todos la habían realizado, volvieron a salir en el mismo orden para hacer la ruta 2. Así, se mantuvo la misma diferencia temporal entre la primera salida y la segunda.

En cada sesión se llamaba a un usuario y salía a la puerta del centro, desde donde se comenzaba la prueba. Dado que las herramientas eran nuevas para ellos, antes de realizar la ruta se hacía un pequeño recorrido de prueba en el que se les enseñaba a manejar la aplicación (AssisT-Out o Google Maps) y todas sus características y posibilidades. Este recorrido era el que une la puerta del centro con una parada de

autobús (a unos 100 m, con un giro de 90 grados a la izquierda).

Una vez terminado el entrenamiento, se volvía a la puerta del Centro para iniciar la ruta de test. En este momento, se le colocaba una cámara frontal con la intención de poder obtener una visión en primera persona del usuario durante el recorrido. Esto permitió analizar a posteriori algunos parámetros como si prestaba más atención al dispositivo o al entorno (y cuándo) o si miraba al cruzar las calles. Además, para obtener una visión global de su desarrollo, uno de los investigadores que le acompañaba le grababa desde unos metros más atrás. En la Figura 6.15 se muestra una fotografía capturada durante una de las sesiones de prueba. Como se puede ver, la cámara frontal apuntaba en la misma dirección que la visión del usuario.

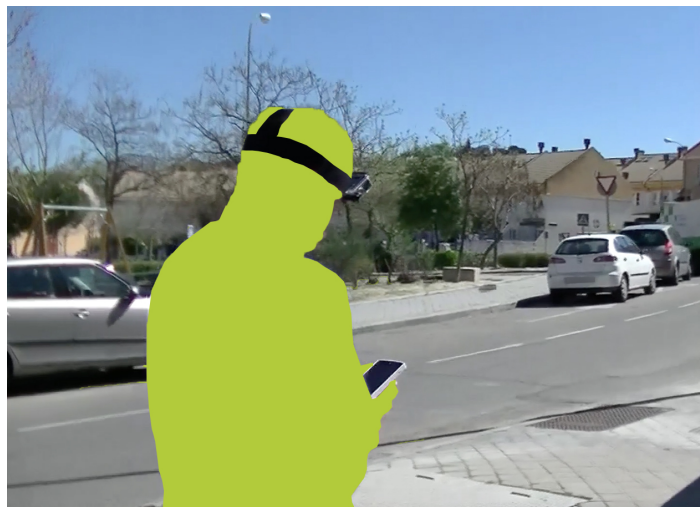


Figura 6.15. AssisT-Out: fotografía de un usuario durante una de las rutas.

Una vez equipado, se le facilitaba el *smartphone* con la aplicación abierta. En el caso de AssisT-Out, lo primero que debía hacer era buscarse en la lista de usuarios. Una vez se encontraba, debía seleccionar el destino al que dirigirse. En la Figura 6.16 se muestra una captura de esta pantalla. Como se puede ver, cada usuario solo disponía de dos destinos posibles: la parada de autobús y el sitio misterioso. Este planteamiento favorecía el desconocimiento de la ruta a priori. Esto fue fundamental ya que, al tratarse de lugares cercanos a la FSDM, algunos usuarios podían conocerlos. Posteriormente se comprobó que, a pesar de ser lugares del entorno de su centro de estudios, ninguno conocía la zona en la que tuvieron lugar las rutas. Esto demuestra una vez más la falta de autonomía en los desplazamientos de estos usuarios. Antes de comenzar las sesiones de la ruta 2, se modificó la dirección del punto misterioso para que fuese diferente. Por el contrario, en el caso de Google Maps, a la hora de entregar el teléfono al usuario ya se había marcado el destino y solicitado la ruta, por lo tanto, la parte más compleja de la interacción se daba resuelta.

Durante el recorrido, el usuario caminaba de forma autónoma y el equipo de in-

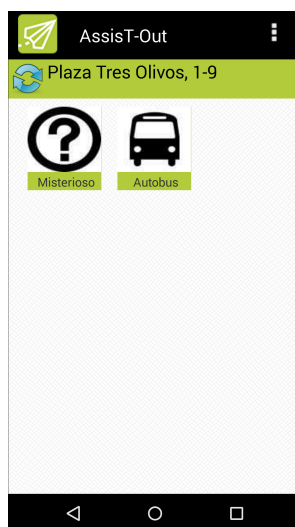


Figura 6.16. AssisT-Out: captura de pantalla de la selección de destinos en la evaluación.

vestigación le seguía unos metros más atrás. Las intervenciones se limitaron a 3 casos: evitar situaciones de peligro, como por ejemplo si el usuario intentaba cruzar una calle y venía un coche; si el usuario solicitaba ayuda de forma explícita; o si el usuario se equivocaba y no era capaz de recuperar la posición correcta. Entonces se le reubicaba para que pudiese continuar. Estos últimos casos, como se verá más adelante, se consideraron como que el usuario no fue capaz de llegar al destino.

Una vez finalizada la ruta, se llegase al destino o no, se preguntaba al usuario si creía haber llegado al destino y cuál era, para comprobar que lo había identificado. Durante el camino de vuelta se le pasó un cuestionario para recoger su opinión acerca de las herramientas y las interfaces. Dependiendo de la herramienta que hubiese utilizado, este cuestionario variaba ligeramente para adaptarse a la herramienta. Tanto el cuestionario para AssisT-Out como para Google Maps se pueden encontrar en las Secciones A.2.4 y A.2.5, respectivamente.

Por último, ya en el Centro, se realizó un test para medir la adquisición de conocimiento espacial, que consistió en mostrar tres imágenes de calles e intersecciones y preguntar si reconocía la vista y qué dirección tomó⁶. De esta forma se pretendía comprobar hasta qué punto habían estado atentos al entorno y asimilado las instrucciones, es decir, se evaluaba su conocimiento espacial [122]. Las imágenes de prueba fueron las mismas que se les habían mostrado durante la ruta pero en desorden. Como salvedad, entre las fotografías de la segunda ruta se incluyó una falsa. Como pregunta final, una vez se habían realizado las dos rutas, se preguntó por la aplicación favorita.

⁶El usuario 13 no realizó este test debido a su baja visión.

Descripción de las rutas

Para cumplir con los requisitos del diseño experimental *latin – square* se requería de dos tareas o rutas equivalentes. Ambas rutas partían de la Fundación y se dirigían, la primera, a un kiosko cercano y, la segunda, a una tienda de chucherías. A pesar de ser dos posibles destinos de interés para ellos y encontrarse realmente cerca del centro de estudios, como se vio a posteriori, el entorno les resultó desconocido.

En la Figura 6.17 se muestran los diagramas de las dos rutas seguidas. La ruta 1 (a) incluía tres puntos de decisión (PD1, PD2 y PD3) donde se debía girar a la izquierda, derecha e izquierda, respectivamente. Entre los puntos 1 y 2 había un cruce de dos calles que se debía cruzar por un paso de peatones sin semáforo. La longitud aproximada era de unos 280 m y el tiempo en recorrerla, según el cálculo de Google Maps, era de 3 minutos. En la ruta 2 sólo había dos puntos de decisión (PD1 y PD2), donde el usuario debía girar a la derecha y a la izquierda respectivamente. Entre ambos puntos de decisión se debían cruzar dos intersecciones con calles, de nuevo por el paso de peatones sin regular por semáforo. La longitud total era de 300 m y el tiempo aproximado para recorrerla era de 4 minutos. A pesar de tener un punto de decisión menos, antes de llegar al PD2 el usuario debía caminar por un área abierta (un plaza), lo que podía dificultar ligeramente la búsqueda de la vista del punto de decisión.

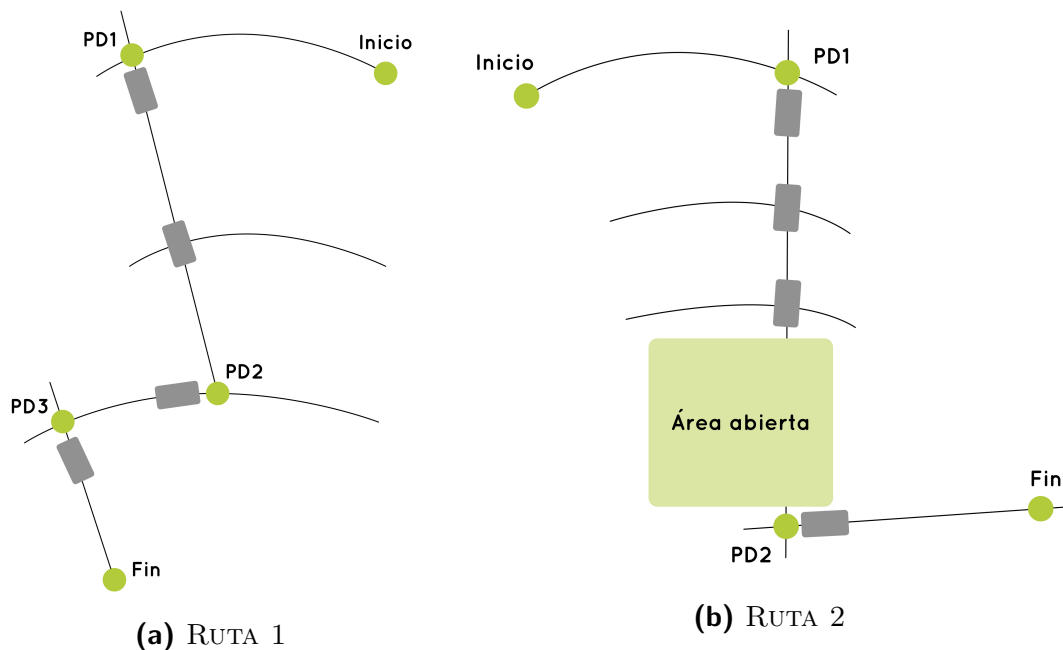


Figura 6.17. AssisT-Out: diagrama de las rutas.

Para valorar la equivalencia de las rutas, además de ser semejantes en cuanto a longitud, se llevó a cabo el análisis de complejidad de ruta propuesto por Richter *et al.* en [123]. Este análisis propone valorar las rutas no sólo por la longitud, sino otros

6.6. EVALUACIÓN

factores como la complejidad de los puntos de decisión, las referencias visuales, etc. En el estudio se identifica como punto de decisión toda intersección, y se le asigna una complejidad dependiendo de la dirección tomada y del número de ramas (o calles) que confluyan en ese punto. Las valoraciones posibles se han recopilado en la Tabla 6.4.

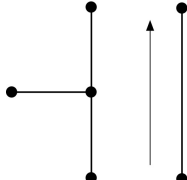
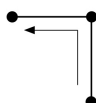
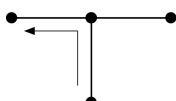
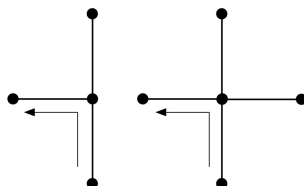
DIRECCIÓN	DIAGRAMA	PUNTUACIÓN
Continuar recto		1
Girar (no hay intersección)		4
Girar en una intersección tipo T		6
Girar en una intersección compleja		6 + número de calles

Tabla 6.4. Cálculo de la complejidad de las intersecciones. Adaptación de [123].

La valoración de las rutas se encuentra en la Tabla 6.5. Cada ruta se ha analizado conforme a sus intersecciones (7 para la primera y 6 para la segunda). En cada intersección (fila en la tabla), de acuerdo a la dirección tomada y la complejidad en cuanto a calles confluyentes, se ha asignado una puntuación. Además, se han indicado las intersecciones que se corresponden con un punto de decisión. Finalmente se ha calculado la puntuación total para cada ruta: 30 puntos para la ruta 1 y 24 para la ruta 2. Como se puede ver, la puntuación de la ruta 1 es mayor que la segunda, ya que cuenta con un punto de decisión más. Sin embargo, se debe considerar que en la ruta 2 se debía atravesar un área abierta y esto supone una dificultad adicional frente a caminar en línea recta por una calle, algo que podría ser equivalente a girar en una intersección sencilla.














RUTA 1				RUTA 2			
	Recto		1		Recto		1
PD1	Giro izquierda		10	PD1	Giro derecha		10
	Recto		1		Recto		1
PD2	Giro izquierda		6		Recto		1
	Recto		1	PD2	Giro izquierda		10
PD3	Giro derecha		10		Recto		1
	Recto		1		FIN		
	FIN						
TOTAL			30	TOTAL			24

Tabla 6.5. AssisT-Out: puntuación de las rutas.

Recogida de datos

Durante las sesiones se realizaron dos grabaciones, una con la vista en primera persona (cámara subjetiva, montada en la cabeza) y otra en tercera persona, tomada por uno de los investigadores, alejado unos metros del usuario. Además, el *smartphone* registró todos los eventos de interacción que se dieron (avanzar, suena la alarma, etc.) y la posición del usuario con la marca temporal durante todo el recorrido. Tras el análisis de esta información, se identificaron una serie de eventos, algunos ya identificados en la evaluación de AssisT-Task:

- **Tiempo de recorrido:** es el tiempo que le lleva al usuario recorrer la ruta. A pesar de ser un factor importante, no es determinante porque depende, entre otros factores, del ritmo al caminar o del tiempo de espera en semáforos.
- **Llegada al destino:** indica si el usuario llega al destino y lo identifica correctamente o no. Por lo tanto, se trata de un factor fundamental a la hora de valorar el rendimiento de la navegación.
- **Reconocimiento del destino:** indica si el usuario ha reconocido haber llegado

al destino o no.

- **Reubicaciones del usuario:** mide el número de intervenciones del observador para resituarse al usuario en los casos en los que toma una dirección equivocada y no se recupera por sí mismo del error.
- **Errores:** se considera un error no seguir la ruta correctamente, es decir, pasar un punto de decisión de largo, hacer un giro en la dirección que no era, etc.
- **Intervenciones:** mide el número de veces que el observador actuó para ayudar al usuario tras cometer un error que le impidiese terminar la ruta o bien si el usuario se muestra completamente confuso o bloqueado y no puede continuar.
- **Confusiones:** son los casos en los que el usuario actúa sin ningún tipo de objetivo concreto o, simplemente, parece perdido. Por ejemplo, una confusión típica es decir la indicación en alto, pero no realizarla.
- **Solicitudes de ayuda:** tanto explícitas como implícitas. En el caso de AssisT-Out, disponen de un botón para solicitar la ayuda. En el caso de Google Maps deben levantar la mano o avisar verbalmente.
- **Mirar en los cruces:** mide el número de veces que los usuarios miran antes de cruzar. Este parámetro lo solicitaron desde el centro ya que en sus entrenamientos insisten mucho en la seguridad en los cruces.
- **Tiempo mirando el teléfono/entorno:** permite valorar la atención prestada al entorno durante el recorrido.

6.6.2. Usuarios

Los usuarios que participaron en esta evaluación ($N=18$) formaban parte del grupo de capacitación laboral de la FSDM. De los 21, 18 completaron las dos sesiones. Los 3 que sólo realizaron una de las dos rutas (U_7 , U_{13} , y U_{21}) no se han incluido en el análisis, si bien se permitió que realizaran una de las rutas y nos comentasen su opinión. La valoración de capacidades realizada por los educadores del centro se encuentra en la Tabla A.4. Como se puede comprobar, esta tabla es la extensión de la Tabla A.1, respetando la numeración de la Tabla A.2 para facilitar su identificación.

Los datos demográficos de los participantes dejan ver que se trataba de jóvenes adultos con una edad media de 23,72 años ($\sigma = 3,66$). Del total de participantes, 11 eran mujeres y 7 hombres. A pesar de que existen estudios previos sobre las diferencias por género en tareas de navegación, en este caso no se considera un factor determinante.

Con respecto al perfil tecnológico, de nuevo se trata de usuarios que hacen uso de la tecnología a diario y cuentan con smartphones (11 de los 18) o tabletas (8 de los 18).

En relación con uso y, en concreto, con aplicaciones relacionadas con la navegación, tan sólo 7 de los 18 afirmaron usar alguna aplicación de mapas para orientarse en sus desplazamientos, y 8 lo hicieron con aplicaciones de transporte público (por ejemplo, para conocer los tiempos de llegada de los autobuses). Así, existe una cierta variabilidad de perfiles en cuanto al uso del smartphone para tareas de navegación. Este hecho quedó reflejado durante las pruebas, ya que algunos de ellos identificaron la aplicación de Google Maps o indicaron que era como “*el GPS que lleva mi padre/madre en el coche*” y, por lo tanto, les resultaba familiar.

6.6.3. Resultados

El objetivo de la evaluación, como ya se dijo, era doble. Por un lado, se quería valorar el sistema desde el punto de vista funcional: que la localización fuera lo suficientemente precisa, el guiado efectivo y la interfaz adaptada y usable. Por otro lado, se deseaba comparar el rendimiento de los usuarios con AssisT-Out frente al de una herramienta comercial (Google Maps). Gracias al registro que almacena AssisT-Out y la revisión posterior de los vídeos, se ha podido valorar de forma cuantitativa el rendimiento de los usuarios usando ambas aplicaciones. En la Tabla 6.6 se encuentran los valores medios de los diferentes factores.

	Google Maps	AssisT-Out	p-valor
Tiempo (s)	329,70 (79,60)	410,25 (91,47)	0,011
Llega (si/no)	9/9	17/1	0,022
Reconoce destino (si/no)	18/0	18/0	1,00
Reubicaciones	0,39 (1,037)	0,50 (0,786)	0,339
Errores	1,17 (2,28)	0,56 (0,98)	0,767
Intervenciones	2,11 (3,12)	2,33 (1,72)	0,214
Confusiones	2,39 (2,00)	1,44 (1,76)	0,126
Solicitudes ayuda	0,83 (1,25)	0,61 (0,92)	0,815

Tabla 6.6. Estadísticos de los distintos factores para las dos rutas y ambos soportes.

Tiempo de completado

El factor del tiempo empleado en tareas de navegación por sí mismo no es tan relevante debido a que puede venir influido por factores externos, como la espera para cruzar en semáforos o pasos de cebra, o del propio usuario, pero no relacionados con la capacidad de orientación, como el ritmo al caminar. En la Figura 6.18 se muestran los tiempos (por usuario) para cada una de las rutas⁷. Como se puede ver, los tiempos

⁷Nótese que las etiquetas del eje X no se corresponden con los números de usuario de las tablas anteriores, simplemente sirven para identificar a los diferentes usuarios del grupo.

6.6. EVALUACIÓN

empleados cuando se usó Google Maps fueron menores. Además, este resultado viene soportado estadísticamente (prueba U de Mann–Whitney de muestras independientes. $p=0,011$).

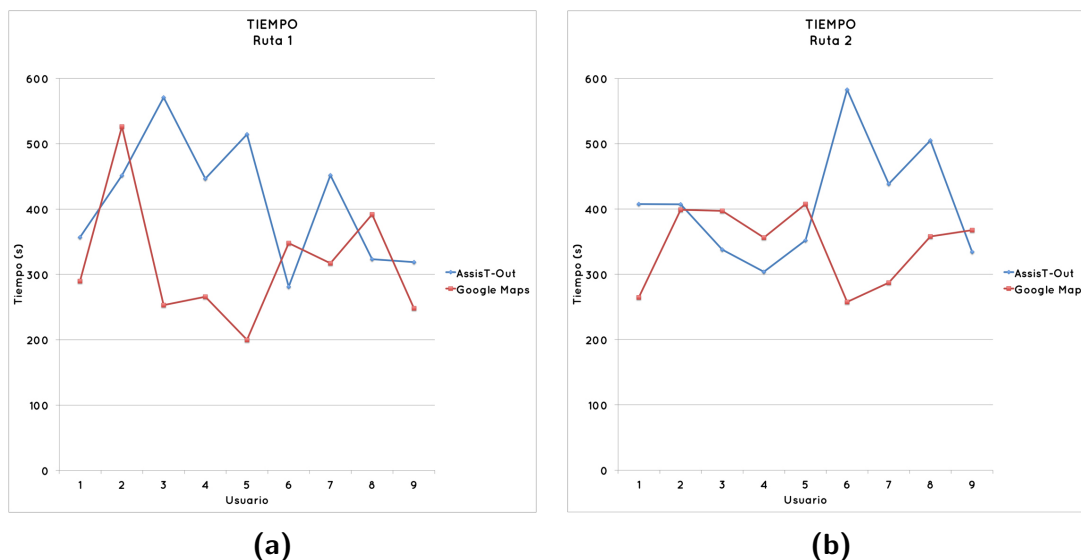


Figura 6.18. AssisT-Out: tiempo empleado por cada usuario para recorrer cada ruta.

Llega, reconoce destino, reubicaciones

Este factor sí resulta determinante para valorar la funcionalidad de una herramienta de navegación, así como a la hora de comparar dos herramientas de guiado, ya que el objetivo fundamental de cualquier sistema de navegación es que el usuario llegue a su destino. La llegada al destino se debe analizar desde dos puntos de vista: por un lado, si físicamente se ha llegado al destino y, por otro lado, si el usuario es consciente de haber llegado al destino. En la Tabla 6.7 se han recopilado el conteo de usuarios que llegaron y los que no llegaron, atendiendo a las dos posibles rutas y tecnologías. Como se puede ver, tanto en números globales como particulares por cada ruta, AssisT-Out presenta unos mejores resultados, encontrando sólo un caso en el que el usuario no llegó a su destino, mientras que en el caso de Google Maps tan sólo la mitad (para ambas rutas) llegó al destino marcado. Además, esta diferencia viene soportada estadísticamente. La prueba U de Mann–Whitney de muestras independientes presenta un p valor igual a 0,022. Al tratarse de un valor inferior al 5 %, el test rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias y, por lo tanto, se confirma el efecto de la tecnología empleada sobre la llegada o no del usuario al destino.

En cuanto al reconocimiento del destino, todos los usuarios afirmaron haber llegado, lo cual resulta un error crítico a la hora de valorar la navegación en los casos en los que el usuario no había llegado en realidad. En el caso de AssisT-Out tan sólo un usuario

cometió este error, sin embargo en el caso de Google Maps el error es generalizado, ya que la mitad de los usuarios no llegaron al destino. Sin lugar a dudas este efecto es clave en la evaluación de las herramientas. Además de hacer que los usuarios lleguen al destino en mayor medida, AssisT-Out reduce estos “falsos positivos” lo que hace que la herramienta sea más fiable.

		LLEGAN	NO LLEGAN
RUTA 1	Google Maps	3	6
	AssisT-Out	8	1
RUTA 2	Google Maps	6	3
	AssisT-Out	9	0
TOTAL	Google Maps	9	9
	AssisT-Out	17	1

Tabla 6.7. Diferencias entre los usuarios que llegaron al destino y los que no dependiendo de la tecnología empleada.

Finalmente, un tipo particular de errores que se midieron durante las pruebas fueron las reubicaciones. En algunos casos, los usuarios malinterpretaron las instrucciones y giraron hacia una dirección equivocada, se pasaron de los puntos de decisión o no llegaron y giraron antes de tiempo. En estos casos, tras dejarles un periodo para ver si eran capaces de recuperarse del error por sí mismos, el observador intervenía reubicando al usuario en el punto donde había cometido el error y recordando que se debía prestar atención a la aplicación y al entorno. Este protocolo se siguió por dos motivos: el destino era accesible por diferentes rutas, pero para mantener los criterios iniciales de la evaluación, se necesitaba que todos los usuarios siguiesen el mismo camino. Al reubicar al usuario se evitó que Google Maps recalculase la ruta y le mostrase unas indicaciones diferentes. El segundo motivo era que, en el caso de AssisT-Out, ya que no cuenta con un sistema activo de regeneración de rutas, era fundamental reubicar al usuario para que pudiese llegar al destino.

De acuerdo con los registros, hasta 7 usuarios necesitaron ser reubicados mientras usaban AssisT-Out (uno de ellos no consiguió llegar al destino), mientras que tan sólo hubo que hacerlo con 3 en el caso de Google Maps (ninguno de los cuales llegó). Este resultado negativo puede venir influido por el dinamismo de Google Maps frente a AssisT-Out. El hecho de mostrar un mapa con la ruta destacada hizo que algunos usuarios fuesen conscientes de su error y recuperasen la posición por sí mismos. Por el contrario, dada la información limitada que ofrece AssisT-Out, era más difícil que los usuarios fuesen conscientes de su error y lo sobrepasaran. Aún teniendo en cuenta estas reubicaciones como errores críticos que hubiesen impedido al usuario llegar al destino, AssisT-Out sigue presentando resultados ligeramente mejores, haciendo que llegasen 11 de los 18 participantes, frente a los 9 de Google Maps.

Conocimiento espacial

Otro de los factores determinantes a la hora de valorar AssisT-Out es el conocimiento espacial adquirido. La propuesta en conjunto del proyecto AssisT es promover la dualidad asistencia – entrenamiento. Por lo tanto, no sólo se espera que la herramienta sea efectiva en cuanto a que el usuario llegue al destino, sino que sea capaz de recordar algunas de las acciones realizadas. Para ello, tras realizar la ruta, se les mostraron tres fotografías y se les preguntó si reconocían los puntos y la dirección tomada. En el caso de la primera ruta las tres imágenes se correspondían con las vistas mostradas en AssisT-Out en los puntos de decisión, pero mostradas en desorden. En la segunda ruta se mostraron las dos imágenes de los puntos de decisión y una de un cruce cercano, pero por el que no se pasó.

RECONOCIMIENTO DE FOTOGRAFÍAS		
	Google Maps	AssisT-Out
Ruta 1	70,37	79,17
Ruta 2	51,85	62,50

ACIERTO DIRECCIÓN TOMADA		
	Google Maps	AssisT-Out
Ruta 1	79,17	74,07
Ruta 2	70,83	59,26

Tabla 6.8. Porcentaje de acierto en el reconocimiento de fotografías y giros.

Los resultados no hacen que se pueda discernir claramente una ventaja de una herramienta sobre la otra (ver Tabla 6.8). En ambos casos, el porcentaje de acierto se encuentra en torno al 70 % – 80 % para la ruta 1 y entre el 50 % – 60 % para la ruta 2. La similitud de estos resultados hace que no haya evidencia estadística de la influencia de la herramienta sobre el resultado, por lo que no se puede emitir una valoración a favor de una u otra herramienta en este aspecto.

Gracias a la grabación de la cámara que se colocó en la cabeza de los usuarios, se pudo medir el tiempo que se prestaba atención al teléfono y al entorno. Así, los usuarios prestaron atención al teléfono el 77,39 % del tiempo mientras usaban Google Maps, frente al 60,44 % cuando usaron AssisT-Out. Esta diferencia de medias, además, viene soportada estadísticamente de acuerdo a la prueba T para muestras independientes ($p = 0,009$). Por lo tanto, se puede concluir que el uso de AssisT-Out hace que el usuario preste más atención al entorno. Este es un hecho importante de cara a la promoción del entrenamiento y reconocimiento de puntos de referencia ya que la tecnología no debe ser el foco de atención, sino que lo debe ser el entorno.

Aplicación preferida

Al concluir las dos rutas, se preguntó a los usuarios por su preferencia en cuanto a la herramienta para guiado. Para evitar polarizaciones a favor de una u otra por la presencia de los investigadores, esta pequeña encuesta la realizó uno de los educadores mientras acompañaba al usuario de vuelta a clase. En base a las respuestas de los usuarios se ha elaborado el gráfico de la Figura 6.19. Como se puede ver, la mayor parte de los usuarios prefirió AssisT-Out frente a Google Maps.

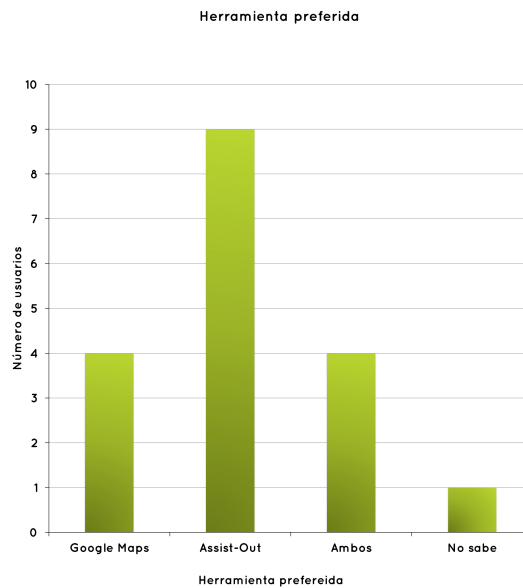


Figura 6.19. AssisT-Out: herramienta preferida de los usuarios.

Otros factores

En el estudio se han analizado otros factores. Como en el caso de AssisT-Task, se registraron los errores, las intervenciones de los observadores, las situaciones de confusión y las peticiones de ayuda. Del análisis de estos factores no se ha podido sacar ninguna conclusión significativa. Además los factores presentados anteriormente resultan de mayor relevancia a la hora de comparar ambas herramientas.

Por otro lado, con respecto a la usabilidad de la interfaz de AssisT-Out, a pesar de no haber hecho un estudio basado en métricas, el cuestionario post-test ha permitido detectar algunas virtudes y debilidades de AssisT-Out frente a Google Maps. Las respuestas de los usuarios a las preguntas relacionadas con el manejo y la usabilidad de las aplicaciones se han recopilado en la Tabla 6.9.

Como se puede observar, la mayor parte de los usuarios han entendido ambas aplica-

6.6. EVALUACIÓN

	GOOGLE MAPS	ASSIST-OUT
<i>¿Has entendido la aplicación?</i>		
Sí	16	13
Regular	2	5
<i>¿Cómo ha sido el manejo?</i>		
Fácil	12	14
Regular	4	3
Difícil	2	1
<i>¿Has entendido el mapa/fotos?</i>		
Sí	16	16
No	1	1
NS/NC	1	1
<i>¿Te han ayudado el mapa/las fotos para saber hacia dónde ir?</i>		
Sí	17	16
No	1	1
NS/NC	0	1
<i>¿Has entendido la línea azul del camino/la barra de progreso?</i>		
Sí	15	15
Regular	2	1
No	1	1
NS/NC	0	1
<i>¿Te ha sido útil la línea/barra de progreso</i>		
Sí	14	16
Regular	2	0
No	1	1
NS/NC	1	1
<i>¿Te ha ayudado que el móvil vibrase/sonase y vibrase?</i>		
Sí	11	18
Regular	1	0
No	1	0
No lo he notado	5	0
<i>¿Te parece útil la aplicación?</i>		
Sí	17	18
No	1	0
<i>¿La usarías si la tuvieras en tu móvil?</i>		
Sí	17	18
No	1	0
<i>¿Se la recomendarías a un amigo?</i>		
Sí	17	18
No	1	0

Tabla 6.9. Resumen de las respuestas a los cuestionarios.

ciones, sin embargo, hay una cierta diferencia a favor de Google Maps. Por el contrario, más usuarios han encontrado fácil el manejo de Assist-Out. En relación al mecanismo de guiado, mapa con una línea azul en Google Maps y fotografías de los puntos de

decisión y barra de progreso en AssisT-Out, de acuerdo con la opinión de los usuarios son mecanismos que ayudan a entender hacia donde dirigirse y les resultan muy útiles. Las alarmas hápticas/sonoras (solo en AssisT-Out) también resultan de gran utilidad para alertar al usuario, sin embargo, cabe destacar que Google Maps, al ofrecer únicamente *feedback* háptico (por vibración), resulta un poco peor parado en este sentido, ya que un cierto porcentaje de usuarios (28 %) reconocieron no haber percibido esta notificación. En cuanto a la utilidad de la aplicación, prácticamente todos los usuarios la encuentran útil, la usarían y recomendarían. La única diferencia en este aspecto entre ambas es la percepción de un usuario con visión reducida, que reconoció no parecerle útil Google Maps ya que no sabía cuánto tenía que caminar ni cuándo girar, mientras que con AssisT-Out *“se sintió en igualdad de condiciones que el resto”*.

De forma complementaria y por petición de los educadores, se sugirió la posibilidad de analizar si los usuarios miran al cruzar o no. Este hecho influye directamente en la seguridad de la persona y, por lo tanto, durante las sesiones de entrenamiento en los desplazamientos se insiste en que antes de cruzar se ha de mirar a ambos lados de la calle para cerciorarse de que no vienen coches. Como se reflejó en los diagramas de la Figura 6.1, en ambas rutas se debían cruzar 4 pasos de peatones. Ninguno de ellos estaba regulado por semáforo, por lo que tan sólo se valoró si los usuarios miraron al cruzar o no.

Los resultados no presentan ningún tipo de relación entre la tecnología usada y un cambio en el número de cruces en los que se ha mirado. De hecho, si se estudian en términos de porcentajes de cruces que el usuario ha mirado, el análisis intra-sujeto, es decir, comparación de los resultados de un mismo usuario en las dos pruebas, muestran una estrecha relación entre el usuario y el porcentaje de cruces en los que se ha mirado, lo que hace denotar que el hecho de mirar o no mirar al cruzar es algo intrínseco al usuario.

6.7. Conclusiones

Del análisis global de resultados se puede concluir que AssisT-Out resulta claramente mejor en algunos aspectos fundamentales para la navegación. Sin embargo, en otros aspectos se han obtenido unos resultados que invitan a seguir trabajando en este módulo para que pueda mejorar la funcionalidad de sistemas comerciales. Cabe destacar, a su vez, que a la hora de usar Google Maps, la aplicación se facilitó completamente configurada, con el destino ya seleccionado y la ruta cargada. Esta tarea, dada la carga cognitiva que requiere (búsqueda de información en la red, selección de parámetros de configuración, selección de la ruta entre las propuestas, etc.), podría haber hecho que algunos usuarios no hubiesen podido usar la aplicación correctamente, como informaron los educadores en conversaciones posteriores a las pruebas.

Google Maps ha presentado dos ventajas frente a AssisT-Out. En primer lugar ofrece un menor tiempo medio para llegar al destino. Este hecho puede venir motivado por el dinamismo de Google Maps frente a AssisT-Out. Al tratarse esta última de una aplicación sistemática y requerir la interacción del usuario en cada punto de decisión, el tiempo total del trayecto se ve afectado. Por otro lado, se realizaron menos reubicaciones cuando se usó Google Maps. El ver de antemano la ruta en un mapa pudo afectar positivamente a la capacidad de orientación del usuario y, por lo tanto, cometer menos errores a la hora de tomar decisiones. Además, esta aplicación es capaz de recalcular la ruta al destino, por lo tanto su capacidad de recuperación frente a errores del usuario es muy alta. Este factor es clave para el despliegue de AssisT-Out en entornos reales, y se deben plantear soluciones y mecanismos para proveer de esta funcionalidad.

En otros factores ambas aplicaciones han rendido de forma parecida. Por ejemplo, en cuanto al conocimiento espacial adquirido, una de las aplicaciones obtuvo mejores resultados en una ruta y la opuesta en la otra ruta. Por lo tanto, no se puede dar un juicio a favor o en contra de ninguna de ellas. Sí se puede concluir que el conocimiento adquirido en AssisT-Out no empeora con respecto a la aplicación comercial y, por lo tanto, se puede promover su uso frente a esta.

Finalmente, AssisT-Out ha logrado mejorar con respecto a Google Maps en un aspecto fundamental: el número de usuarios que consiguieron llegar al destino. Además de ser un resultado primordial para valorar una aplicación de navegación, existe evidencia estadística de que esta diferencia se debe a la tecnología empleada. Por otro lado, a la hora de promocionar el entrenamiento, se espera que los usuarios presten más atención al entorno que al teléfono. La tecnología debe ser el apoyo, pero no el centro de atención. En este aspecto, los usuarios prestaron menos atención al teléfono cuando usaron AssisT-Out que Google Maps, lo que va acorde con los objetivos del sistema. Por último, con respecto a la percepción de los usuarios, la mayoría afirmó preferir AssisT-Out frente a la aplicación comercial. Los motivos pueden ser varios, aunque de los cuestionarios solo se puede relacionar con que la encontraron más fácil de manejar.

Los resultados posicionan a AssisT-Out como una buena herramienta de guiado en exteriores, aunque se deben realizar algunas modificaciones y refinar la aplicación para adaptarse mejor a modificaciones dinámicas en la ruta. De este modo pasaría a convertirse en una herramienta con múltiples ventajas diferenciales con respecto a sistemas comerciales convencionales.





7 AssisT-In

7.1. Descripción general

Complementando a AssisT-Out y cerrando el proceso de asistencia integral, se ha diseñado y desarrollado AssisT-In, el módulo encargado de asistir en los desplazamientos en entornos interiores. Como ya se habló en el Capítulo 3, la localización en interiores difiere de la de exteriores, principalmente, por el tipo de tecnología empleada. Al necesitar visión directa, el GPS no funciona en entornos cerrados, por lo que se precisan de mecanismos de localización adicionales. En este caso, utilizando las mismas ideas de los módulos anteriores, AssisT-In hace uso de códigos QR como etiquetas visuales para la localización del usuario por detección directa y fotografías con las vistas de los puntos cercanos para el guiado. Todo ello, a través del teléfono móvil del usuario.

Con respecto a la navegación, los entornos interiores permiten basar el guiado en metáforas como la búsqueda de pistas, lo cual hace que la asistencia parezca un juego. Este hecho puede motivar al usuario de forma adicional. Al igual que en los casos anteriores, el proceso de asistencia se puede dividir en las cuatro etapas: definición de los contenidos (mapas), localización del usuario, guiado y registro.

7.1.1. Definición de los mapas

En el caso de AssisT-Out, dada la extensión y variabilidad de posibilidades, el modelado del entorno se delegó a servicios de terceros. En este caso, al restringirse a entornos más pequeños y, generalmente, privados, esta tarea es realizable por una persona: el cuidador. Además, al ser el propio cuidador el que modela el entorno, el

contenido puede ser más adaptado a las necesidades de los usuarios del mismo.

A la hora de modelar un espacio para navegación se debe tener en cuenta la granularidad de seguimiento que se necesita. Es decir, el nivel de detalle o precisión que requiere el sistema para funcionar correctamente y si esta localización debe ser muy precisa y continuada en el tiempo o puede ser más relajada. En el caso de AssisT-In, como se verá más adelante, basta con conocer la localización del usuario dentro de la habitación. El seguimiento, además, no tiene por qué ser estrictamente en tiempo real. De este modo, el entorno se podrá modelar como una serie de habitaciones o ubicaciones y conexiones entre ellas, es decir, como un grafo. Esta aproximación es fácil de implementar y es extremadamente flexible si se combina con el cálculo de las rutas en tiempo de ejecución.

En este sentido, el modelado de espacios mediante grafos es una técnica ampliamente utilizada tanto para espacios interiores como exteriores. Por un lado, se pueden emplear algoritmos matemáticos para el cálculo de rutas, lo que hace que se puedan establecer prioridades o adaptaciones de acuerdo a las necesidades del usuario (ruta más corta, más rápida, etc.) o del contexto (zonas por las que no se pueda pasar puntualmente). Por otro lado resultan sencillos de mantener, ya que basta con añadir o eliminar los nodos o aristas que se deseen de la red y ejecutar de nuevo el algoritmo para obtener nuevas rutas.

AssisT-In se basa en estos grafos para modelar los entornos en los que se despliega. Así, la primera tarea del cuidador será diseñar el espacio como un grafo. A pesar de parecer una tarea compleja para una persona no necesariamente técnica, la metáfora resulta sencilla: cada nodo del grafo es un posible destino y cada arista indica que se puede ir de uno a otro. Así, en una oficina por ejemplo, cada despacho o sala supondría un nodo de la red. Pero no sólo se restringe a espacios delimitados físicamente, un nodo también puede ser un elemento físico, como una fotocopidora, una salida de emergencia, o una estantería. La única restricción del sistema, debido a la metáfora de guiado que emplea, es que exista un camino entre ambos puntos. Como se verá más adelante, esta medida es en realidad más restrictiva y supone que la unión de dos nodos implica visión directa (en el espacio real) entre ambos. Para facilitar este diseño, se pueden establecer nodos en zonas de paso o giros como nodos auxiliares para favorecer esta visión entre los diferentes puntos. Además, las conexiones (aristas) se pueden etiquetar. Como se verá, a criterio del cuidador, se pueden crear nuevas conexiones entre nodos, incluso saltando la restricción de visión directa, de forma personalizada para un usuario. Esto permite adaptar la ruta en función del avance del usuario, creando así “atajos”. Esta personalización también permite establecer rutas alternativas, por ejemplo, evitando las escaleras y haciendo uso de los ascensores en el caso de usuarios con problemas de movilidad, o al revés para usuarios que puedan tener algún tipo de fobia o, simplemente, no le gusten los ascensores. Por lo tanto, el entorno se modela como un grafo con las siguientes características:

7.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

- **Conexo:** siempre existe al menos una trayectoria entre dos nodos cualesquiera del grafo. Es decir, no habrá lugares inaccesibles, a los que no se pueda llegar.
- **Dirigido:** cada arista tiene un sentido. No es la misma arista la que une el nodo A con B, que al revés. Esto se debe a que, al mostrar fotografías con los puntos cercanos, éstas han de ser dirigidas.
- **No ponderado:** a pesar de las posibles ventajas que podría tener ponderar las aristas para adaptar la ruta, esto supondría un esfuerzo adicional para los cuidadores a la hora de modelar el entorno, añadiendo un nivel más de complejidad.
- **Etiquetado:** las aristas tienen etiquetas relacionadas con el usuario. El grafo base es para un usuario genérico y, sobre éste, se añaden aristas con etiquetas personalizadas para los diferentes usuarios, de acuerdo al criterio de los cuidadores.

Retomando el ejemplo de la Sección 4.4 en el que se describía el proceso de asistencia de AssisT, en el caso del guiado en interiores se procede del siguiente modo:

Durante el proceso de incorporación de Alberto a la empresa, su preparador laboral decide emplear AssisT-In como sistema de apoyo. Como primer paso, el preparador debe modelar la oficina. Para ello, a partir del plano de una de las plantas se deben encontrar los posibles puntos de interés para el usuario. En la Figura 7.1 se muestra el plano de la oficina (ficticia), con los diferentes puntos de interés. El puesto de Alberto se encuentra en la recepción, desde donde se desplaza a los diferentes despachos y mesas, según le reclaman.

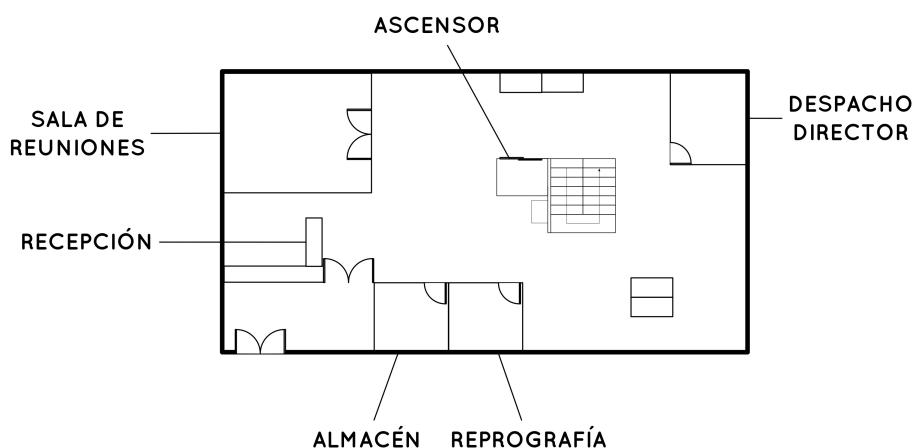


Figura 7.1. AssisT-In: ejemplo de plano de una oficina.

Una vez detectados los puntos, el preparador debe decidir los lugares donde se colocarán los códigos QR. Primero, se debe pensar en los que

identificarán los destinos a nivel práctico (despachos, salas, mesas, etc.) y, en caso de ser necesario, se deben agregar otros auxiliares que faciliten el recorrido por visión directa. Así, la oficina quedaría modelada (parcialmente) como se muestra en la Figura 7.2. La ubicación de los códigos se ha destacado mediante cajas rojas y la visión entre ellos con líneas discontinuas. De los diferentes códigos marcados (del 0 al 6), la mayoría son lugares con sentido físico (la recepción, el despacho del director, etc.) salvo, por ejemplo, el 1. Este punto es una referencia intermedia que permite ir de la recepción (0) a la estantería (3), por ejemplo.

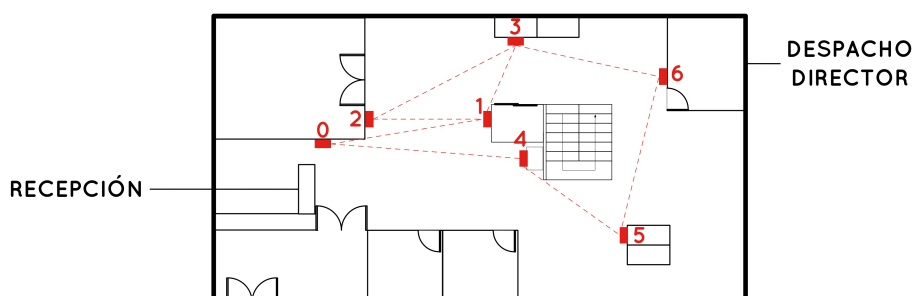


Figura 7.2. AssisT-In: ejemplo de plano de una oficina con códigos.

Tras haber decidido la localización de los diferentes códigos, la siguiente etapa es tomar las fotografías. Como se ha dicho anteriormente, AssisT-In se basa en visión directa. Esta decisión tiene un sentido, y es poder guiar al usuario mediante el seguimiento de las diferentes pistas (códigos QR) distribuidas por el entorno. Es decir, para guiar al usuario se le indicará desde una pista dónde se encuentra la siguiente mediante imágenes. Así, por cada unión de dos QRs se necesitarán dos fotografías, una desde cada vértice. A pesar de parecer una tarea tediosa, no es muy complicada y, además, permite que los usuarios identifiquen rápidamente la ruta a seguir.

Terminado el modelado y la toma de las fotografías, el usuario ya puede utilizar de forma autónoma AssisT-In, liberando al preparador de la supervisión constante que suele requerir la inserción en el entorno laboral. Además, gracias al registro detallado, se pueden revisar a posteriori las rutas seguidas y así detectar errores, debilidades o mejoras. En este último caso, AssisT-In permite que se modifique el grafo y se establezcan nuevas relaciones entre los nodos, eliminando incluso la necesidad de visión directa, de forma que el preparador puede ir eliminando ayuda a medida que el usuario se hace con el espacio.

7.1.2. Localización del usuario

A lo largo de la Sección 3.3.2, se habló sobre la localización de usuarios en entornos interiores y de las técnicas adicionales que requiere, ya que el GPS no funciona. En este sentido, en la Sección 4.4 se discutieron las diferentes opciones existentes actualmente: estimación, detección directa o reconocimiento de patrones y se llegó a la conclusión que la detección directa de etiquetas visuales era la mejor opción en cuanto a precisión/costes.

De esta forma, tras haber modelado el entorno y decidido la ubicación de los diferentes códigos, basta con fijarlos en los lugares de interés para poder localizar al usuario una vez los escanee. Al tener una relación de códigos y ubicaciones la localización del usuario es inmediata. Además, al tener que escanearlos desde una distancia relativamente corta, se puede determinar el punto en el que está el usuario. Sin embargo, este sistema no cuenta con un mecanismo de seguimiento tan directo como el GPS. Sólo se podrá registrar la ubicación del usuario cuando escanee un código. Si entre uno y otro se ha perdido y ha dado un rodeo (sin escanear ningún código) no se podrá saber. Bien es cierto que, mediante diferencias de tiempos entre dos escaneos consecutivos se puede estimar si ha ocurrido alguna incidencia, pero no se sabrá a ciencia cierta cuál.

Para hacer efectivo este proceso de búsqueda de pistas y poder localizar al usuario, los códigos deben ser reconocibles. Es decir, se recomienda colocar los QRs sobre una plantilla o similar, para facilitar que el usuario los identifique en el entorno. Además, de este modo, se reducirían las confusiones que se puedan dar, por ejemplo, con los QRs en carteles publicitarios. Si el usuario es capaz de asociar la marca visual con el sistema de asistencia, en caso de pérdida podrá reconocerlos y escanearlos inmediatamente, de forma que se le localizará y se le podrá guiar al destino que necesite.

7.1.3. Guiado

Como se ha dicho anteriormente el guiado se basa en dos técnicas: por un lado, el seguimiento de pistas (QRs) y, por otro lado, el reconocimiento de puntos de referencia. Es decir, el usuario debe escanear una serie de códigos desde el punto en el que se encuentra hasta su destino y, para ello, deberá buscar las vistas que se le muestran e identificar elementos de referencia. Esta idea se puede entender como un juego de la búsqueda del tesoro o como la metáfora del cuento, de seguir las migas de pan para encontrar el camino. Esto, unido al uso de *smartphones*, puede generar una cierta motivación al usuario y promover la aceptación de la tecnología.

Además, estos mecanismos de guiado obligan al usuario a prestar atención al entorno lo que refuerza de nuevo la promoción del entrenamiento a la par que se recibe

la asistencia. En este mismo sentido, las diferentes técnicas de adaptación del sistema facilitan el aprendizaje de las rutas, como de las destrezas necesarias para afrontar nuevos retos.

Adaptación al usuario

Como en el resto de módulos del sistema, esta adaptación es fundamental para que la tecnología sea aceptada por los usuarios y se obtenga el máximo rendimiento. En AssistT-In la adaptación al usuario se da de dos formas: a través de interfaces diseñadas específicamente para cubrir las necesidades de este tipo de usuarios, y también generando las rutas más adecuadas a sus capacidades.

Las interfaces se han diseñado de acuerdo a la experiencia previa del diseño y desarrollo de los otros dos módulos y las sugerencias particulares de los educadores y preparadores. Así, se han habilitado vías de comunicación alternativas (orales y gráficas), dado una gran importancia al contenido visual (las fotografías), así como dotando de un aspecto amigable a la interfaz.

Con respecto a las rutas, como ya se ha comentado, se ha habilitado un mecanismo por el que un cuidador puede establecer nuevas conexiones entre nodos de forma que para un usuario en particular, la ruta prioritaria sea diferente a la genérica. De esta forma se pueden conseguir dos objetivos: por un lado, las rutas se adaptan a las preferencias de los usuarios, como usar ascensores frente a las escaleras, seguir rutas un poco más largas pero con menos giros o por zonas donde haya menos aglomeración de gente y, por otro lado, poder reducir la cantidad de ayuda prestada por el sistema conforme adquiera un cierto conocimiento del entorno.

Adaptación a la actividad

Al representar el espacio a través de un grafo y calcular las rutas en tiempo de ejecución, el sistema es capaz de, por ejemplo, recalcular la ruta al destino en el caso de que el usuario se pierda y escanee un código fuera de ruta. O, si temporalmente se debe evitar una cierta área, se pueden eliminar los nodos de la zona para que no se tengan en cuenta a la hora de calcular las rutas.

Esta funcionalidad resulta realmente potente si se combina con los diferentes algoritmos de recorrido de grafos, ya que permite que, el cálculo de la ruta pueda variar de acuerdo a ciertas preferencias. Los algoritmos de recorrido de grafos más comunes son:

- **Búsqueda en Anchura:** calcula la distancia mínima entre dos nodos de un grafo dirigido sin ponderar. Para ello, recorre los nodos adyacentes al nodo inicial y los

marca. Secuencialmente recorrerá los nodos que acaba de descubrir y marcará a sus adyacentes otra vez. Esta operación se realiza hasta encontrar el nodo final. En dicho momento se parará y obtendrá los nodos padre de cada nodo obtenido hasta llegar al nodo inicial.

- **Dijkstra:** calcula la distancia mínima entre los nodos de un grafo dirigido ponderado pero sólo con costes positivos. Para ello, recorre los nodos adyacentes al nodo inicial marcándolos y calculando sus distancias. Después continúa con el siguiente nodo sin marcar con una distancia menor actualizando sus valores de distancia guardados a medida que encuentra caminos más cortos a sus nodos adyacentes. Continúa con este proceso hasta llegar al nodo de destino.
- **Floyd–Warshall:** este algoritmo encuentra la distancia mínima entre dos nodos de un grafo dirigido ponderado usando una matriz de $n \times n$ donde n es el número de nodos. Para ello, en una misma ejecución, actualiza las distancias entre dos nodos cada vez que encuentra un camino más corto que el anterior.
- **Bellman–Ford:** calcula el camino más corto entre dos nodos de un grafo dirigido con pesos positivos o negativos. Cada nodo calcula la distancia existente entre él y los demás. Luego manda esta información a los demás. Después, cada nodo actualiza su propia tabla con la tabla recibida. Requiere tantas iteraciones como nodos haya en el grafo menos uno.
- **Johnson:** es un algoritmo de camino más corto que se emplea sobre grafos dirigidos con pesos ponderados positivos o negativos. Para ello añade un nodo conectado al grafo con peso cero. Aplica luego el algoritmo de Bellman–Ford para transformar el grafo en otro grafo pero sin pesos negativos. Al grafo obtenido le aplica el algoritmo de Dijkstra.
- **A*:** encuentra el camino mínimo entre dos nodos. Para ello utiliza una combinación de *Búsqueda en Anchura* y *Búsqueda en Profundidad*. Combina el coste total entre el nodo inicial y el final con el coste estimado del camino mínimo para este mismo recorrido. Para que el resultado sea óptimo, la estimación no debe sobreestimarse, además el grafo debe cumplir la condición de consistencia.

Como se verá, AssisT-In implementa un algoritmo de búsqueda en anchura, ya que es de los más sencillos, pero cubre las necesidades del grafo a recorrer. En el caso de que se quisiesen incluir ponderaciones (pesos a las aristas), se podría utilizar Dijkstra o Bellman–Ford.

Por otro lado, los posibles destinos vienen determinados por el lugar donde se encuentra el usuario. Es decir, si se encuentra en el espacio de trabajo, se le mostrarán sólo los destinos de su oficina, por ejemplo, y no los de otros posibles lugares donde se pueda hacer uso de AssisT-In.

Adaptación a la tecnología

En este módulo, al igual que AssisT-Task y AssisT-Out, los *smartphones* resultan herramientas imprescindibles para el funcionamiento de AssisT-In. En este caso, además, el hecho de emplear códigos QR impresos permite que el acceso a la tecnología y el mantenimiento sea económicamente asumible y fácilmente gestionable.

Adaptación al contexto

La adaptación al contexto viene determinada, en gran medida, por el mecanismo de modelado de espacios y cálculo de rutas seleccionados. Al basarse en grafos, alterar el contexto del usuario es tan sencillo como añadir o eliminar nodos. De esta forma, se puede adaptar el guiado a situaciones que se puedan dar en la realidad, como que se deba evitar una zona por encontrarse en obras.

Por otro lado, el *feedback* que recibe el usuario también se adapta al contexto de uso. Si se está siguiendo bien la ruta, se recibe un feedback de ánimo y en positivo; si, por ejemplo, el usuario escanea un código de fuera de la ruta, se le notifica y tranquiliza mientras se calcula el nuevo camino; finalmente, en el caso de escanear un código no válido (de un cartel publicitario, por ejemplo) también se notifica al usuario y se le incita a que siga buscando el código correcto.

7.1.4. Registro

El registro de las acciones del usuario resulta fundamental para poder analizar su desempeño. De forma similar a AssisT-Out, este módulo almacena dos tipos de registros: por un lado, el propio de la interacción con el *smartphone*, botones pulsados, imágenes mostradas, etc. Y por otro lado, el registro de localizaciones. Cada vez que se escanea un código se registra. De esta forma se puede reconstruir a posteriori la ruta seguida y analizar los tiempos que ha tardado en los desplazamientos.

7.2. Arquitectura

AssisT-In hace uso de una arquitectura basada en el modelo cliente – servidor pero, como ya se ha comentado en el caso de AssisT-Task, se ha ido adaptado conforme se han desarrollado los prototipos para poder ofrecer todas las funcionalidades. En una primera versión de prueba, la información del entorno se almacenaba en el propio

terminal, como ficheros adicionales a la aplicación. Esta aproximación, además de dar bastante sensación de lentitud debido a las limitadas capacidades del teléfono que se empleó en las pruebas en el laboratorio, resultaba muy poco funcional. A la hora de crear o modificar los mapas se requería actualizar los ficheros dentro del propio código fuente, lo que requería recompilar la aplicación y cargarla de nuevo en el teléfono. Este hecho, sin lugar a dudas, limitaba la accesibilidad a la tecnología y su reutilización, incumpliendo uno de los requisitos (**RF5**). Además, por la dificultad que suponía su mantenimiento, se podían dar posibles conflictos de versiones entre los terminales de los usuarios.

Por lo tanto, se planteó llevar el modelo y el núcleo de cálculo de rutas a un servidor de forma que toda la información se encontrase centralizada en un único lugar y estuviese disponible tanto para los usuarios como sus cuidadores. El diagrama de la nueva arquitectura se muestra en la Figura 7.3.

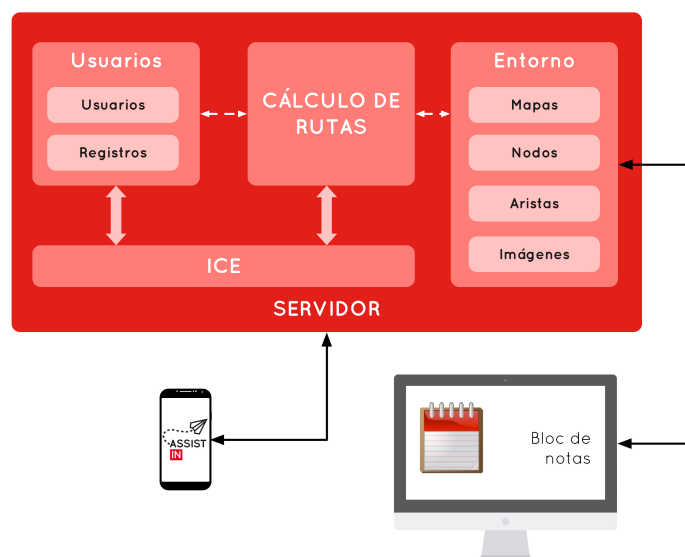


Figura 7.3. AssisT-In: diagrama de arquitectura inicial.

El servidor se desarrolló empleando el motor “*Internet Communications Engine*” (ICE¹). Esta plataforma permite el desarrollo de sistemas distribuidos de una forma sencilla pero robusta. Además es compatible con multitud de lenguajes de programación y sistemas operativos móviles. De esta forma, la gestión de las comunicaciones quedaba delegada a ICE y, desde el punto de vista de la programación, el cliente podía acceder a objetos remotos como si se tratase de datos locales.

Como se puede ver en la imagen, además de la capa de ICE, el servidor se dividía en varios módulos: por un lado, se almacenaba la información relacionada con los usuarios y sus registros. En esta primera versión esa información estaba aislada para el módulo y no era compartida entre todos. Por otro lado, se encontraba el modelo del entorno.

¹<https://www.zeroc.com/> (último acceso: enero 2015)

Para almacenar la información de los diferentes espacios se utilizaron tres tipos de tablas: las relacionadas con los mapas, las que contenían la información de los nodos que componían cada mapa y las que establecían las relaciones entre los nodos, es decir, las aristas. Para completar el modelo se contaba con un repositorio de imágenes con las fotografías de las diferentes vistas. La edición de este contenido era directa: los cuidadores accedían a los ficheros correspondientes y los editaban.

El último módulo era el encargado del cálculo de rutas. A partir de los datos almacenados en el modelo del entorno, generaba los grafos correspondientes y atendía las peticiones de los clientes (aplicaciones móviles). Para ello, se implementó una API que permitía hacer consultas sobre el grafo: dado un punto inicial, obtener la lista de nodos por los que se debía pasar para llegar al destino, comprobar los nodos fuera de ruta, etc. De esta forma se liberaba al *smartphone* de cálculos más o menos complejos, a costa de hacer más uso de la conexión de red.

Este esquema, a pesar de funcionar considerablemente mejor que la propuesta inicial y cumplir con los requisitos del sistema, presenta algunos conflictos con el resto de módulos y no mantiene el diagrama de los demás. Así, a la fecha de redacción de esta tesis, se está trabajando en una nueva arquitectura más acorde con las desarrolladas para AssisT-Task y AssisT-Out. En ella, el servidor se basa en servicios web y existen datos compartidos entre los módulos (como la información de los usuarios) y datos propios (el modelado de los entornos). Así, se propone seguir el mismo esquema que en AssisT-Task, salvando las diferencias en el tipo de información que modelan. Además, se propone crear una herramienta de autor para la gestión de los modelos de los entornos. En la Figura 7.4 se encuentra el diagrama de la arquitectura propuesta, que se basa en servicios web en lugar de ICE y bases de datos en lugar de ficheros de tablas.

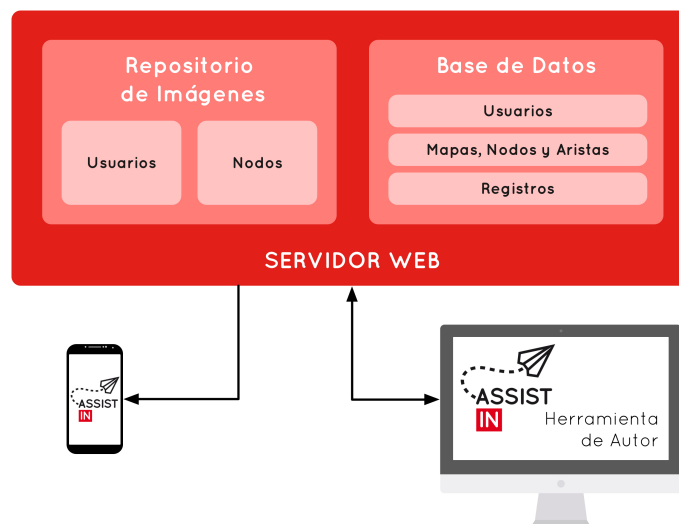


Figura 7.4. AssisT-In: arquitectura en desarrollo actualmente.

7.3. Modelo de datos

Tanto el modelo de datos de la primera versión como el de la versión que se encuentra actualmente en desarrollo siguen un esquema entidad – relación como el de la Figura 7.5. Como se puede ver, para modelar los espacios, sólo hace falta dos tipos de elementos: mapas y nodos. Los mapas representan el entorno y se componen de nodos, que son los diferentes lugares y elementos que están ubicados en el espacio modelado. Las relaciones que establecen la conexión entre los diferentes nodos se modelan a través de la relación adyacente. Esta relación tiene tres atributos: el usuario para el que se ha creado (uno genérico o uno particular para el caso de las adaptaciones), y dos imágenes: una que se corresponde con la vista desde el nodo izquierdo al derecho de la relación y la vista opuesta.

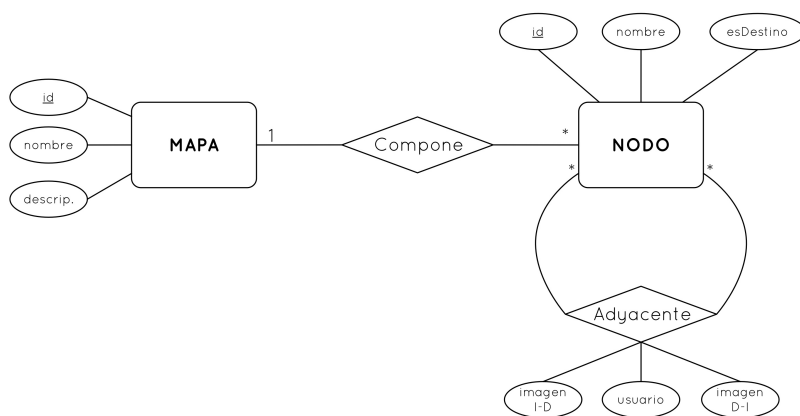


Figura 7.5. AssisT-In: diagrama entidad–relación del modelo de datos.

La mayor diferencia entre las implementaciones es que, mientras que la primera versión utiliza archivos de texto para almacenar las tablas correspondientes a los mapas, nodos y sus relaciones, la nueva versión hace uso de bases de datos. Esta solución es mucho más potente ya que, por un lado, permite acceder y compartir información con el resto de módulos y, por otro lado, el recorrido del grafo se puede realizar a través de consultas directas, sin depender de un servicio intermedio que genere los grafos en memoria a partir del modelo y, sobre éste, se puedan solicitar caminos.

En relación a la búsqueda de caminos, como se ha dicho anteriormente, se ha implementado un algoritmo de búsqueda en anchura. Este algoritmo encuentra el camino más corto entre dos nodos de un grafo dirigido y sin ponderar. Dado un nodo inicial, se visitan los adyacentes (que no hayan sido visitados) hasta encontrar el nodo final. En la Figura 7.6 se describe el algoritmo en forma de pseudo-código. Los elementos de tipo *Nodo* cuentan con dos atributos: uno que indica si ha sido visitado o no, y otro con el identificador del nodo desde el que se llegó. Además, cada uno cuenta con la lista de nodos adyacentes. Esta lista está ordenada de forma que, en los primeros lugares,

están los nodos conectados para proporcionar adaptación al usuario y luego el resto de nodos adyacentes ordenados por identificador. Es decir, las conexiones que ha decidido añadir el cuidador para un usuario concreto tienen prioridad y, por lo tanto, la ruta seguirá el camino adaptado.

El algoritmo hace uso de una estructura de datos tipo Cola para almacenar los nodos que se han de visitar. Conforme se recorren los nodos adyacentes, se actualiza su Nodo anterior de forma que, una vez se alcanza el final, se puede recorrer el camino en sentido inverso. En este momento, y para almacenar la lista de nodos que componen la ruta, se utiliza una estructura de datos de tipo Pila, de forma que los nodos quedan ordenados de inicio a fin.

```
1  busquedaAnchura (Nodo inicio , Nodo fin , Grafo g ,
   Usuario u)
2  q ← nueva Cola (Nodo)
3  camino ← nueva Pila (Nodo)
4  Para cada Nodo n ∈ Grafo g
5      n.visitado ← falso
6      n.previo ← -1
7  inicio.visitado ← verdadero
8  q.encolar (inicio)
9  Mientras q.estaVacia = falso
10     Nodo actual ← q.extraer()
11     Para cada Nodo vecino ∈ actual.adyacentes
12         Si vecino = fin entonces
13             para
14                 Si vecino.visitado = falso entonces
15                     vecino.previo ← actual
16                     vecino.visitado ← verdadero
17                     q.encolar(vecino)
18     Mientras que fin.anterior ≠ -1
19         camino.poner(fin)
20         fin ← fin.previo
21     camino.poner(fin)
```

Figura 7.6. AssisT-In: pseudo-código del algoritmo de cálculo de rutas.

Para ilustrar el funcionamiento del algoritmo se propone el escenario de la Figura 7.2 y la siguiente situación:

A mitad de la mañana Alberto recibe un paquete en la Recepción (Nodo 0) que debe ser entregado al director (Nodo 6). Alberto utiliza AssisT-In para ir al despacho correcto y entregar el paquete. Tras abrir la aplicación y

7.4. APLICACIÓN MÓVIL

escanear el QR más cercano (el de la Recepción), Alberto selecciona el destino correspondiente y sigue las instrucciones que le facilita su smartphone.

Para el cálculo de la ruta se toma como nodo inicial el 0 y nodo final el 6. El estado de cada nodo en cada iteración se detalla en la Tabla 7.1, así como los nodos en la cola esperando a ser procesados. Para cada nodo e iteración se indica mediante ✓ o ✗ si el nodo ha sido ya visitado o no y el número que lo acompaña indica el número del nodo previo. La iteración 0 se corresponde con la inicialización del sistema y, tras 9 iteraciones más se termina el algoritmo, una vez se visita el nodo destino.

It.	0	1	2	3	4	5	6	Cola q
0	✓ -1	✗ -1	✗ -1	✗ -1	✗ -1	✗ -1	✗ -1	0
1	✓ -1	✓ 0	✗ -1	✗ -1	✓ 0	✗ -1	✗ -1	1, 4
2	✓ -1	✓ 0	✓ 1	✓ 1	✓ 0	✗ -1	✗ -1	4, 2, 3
3	✓ -1	✓ 0	✓ 1	✓ 1	✓ 0	✓ 4	✗ -1	2, 3, 5
4	✓ -1	✓ 0	✓ 1	✓ 1	✓ 0	✓ 4	✗ -1	3, 5
5	✓ -1	✓ 0	✓ 1	✓ 1	✓ 0	✓ 4	✓ 3	5, 6

Tabla 7.1. AssisT-In: estado de los nodos del grafo y la cola tras cada iteración del algoritmo.

Al terminar, se recorre el camino en sentido inverso atendiendo al valor “previo” de cada nodo. La secuencia, ya ordenada en el sentido que la recorrería el usuario sería: ① – ② – ③ – ④.

En el caso de existir adaptación en la ruta, el algoritmo funcionaría de la misma manera. Tan sólo se requiere que, en el procesamiento de los datos del modelo, los nodos adyacentes se ordenasen dando prioridad a los nodos vecinos cuya relación se ha añadido como adaptación para el usuario. Retomando el ejemplo anterior si, por ejemplo, el cuidador decide eliminar parte de la ayuda y adaptar las rutas de forma que exista un enlace entre el nodo 3 y el 6, el grafo quedaría como se muestra en la Figura 7.7 (se ha destacado en línea de puntos roja el nuevo enlace), la ejecución del algoritmo requeriría de menos iteraciones, como se muestra en la Tabla 7.2, y la nueva secuencia de nodos que se mostraría al usuario sería: ① – ⑤ – ④.

7.4. Aplicación móvil

En el diseño de la aplicación móvil participaron, una vez más, expertos en la educación y formación de personas con diversidad funcional intelectual. Sin embargo, para este módulo se realizó un único prototipo que se evaluó con usuarios reales y, al día de redacción de este documento, se está trabajando en una nueva versión mejorada a partir de los resultados de la evaluación y el progreso de los otros módulos.

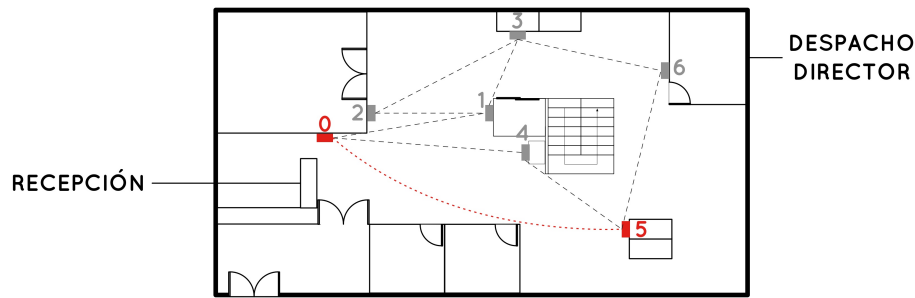


Figura 7.7. AssisT-In: ejemplo de plano de una oficina con códigos y adaptación al usuario.

It.	0	1	2	3	4	5	6	Cola q
0	✓ -1	✗ -1	✗ -1	✗ -1	✗ -1	✗ -1	✗ -1	0
1	✓ -1	✓ 0	✗ -1	✗ -1	✓ 0	✓ 0	✗ -1	1, 4, 5
2	✓ -1	✓ 0	✓ 1	✓ 1	✓ 0	✓ 0	✗ -1	4, 5, 2, 3
3	✓ -1	✓ 0	✓ 1	✓ 1	✓ 0	✓ 0	✗ -1	5, 2, 3
4	✓ -1	✓ 0	✓ 1	✓ 1	✓ 0	✓ 0	✓ 5	2, 3, 6

Tabla 7.2. AssisT-In: estado de los nodos del grafo y la cola tras cada iteración del algoritmo.

7.4.1. Primer prototipo

Este primer prototipo, de acuerdo con las propuestas de los expertos, se basó en un juego de búsqueda de pistas. Como se verá, durante todo el proceso de guiado se cuenta con una mascota virtual (un perro) que es el encargado de decir las instrucciones y dar el *feedback* en las diferentes pantallas. Esta decisión se tomó ya que, de acuerdo con Schroeder y Axelsson [124], este tipo de asistentes hace la interfaz más amigable y sencilla dado que el usuario debe seguir las instrucciones que éste dicta y, además, contribuye a la motivación. Además, a la hora de dar retroalimentación, su gesto cambia de acuerdo al resultado del usuario, lo que hace que la retroalimentación sea visual además de textual.

La ejecución de la aplicación, las pantallas mostradas y la interacción requerida se han diseñado pensando en los diferentes momentos que se mostrarán o requerirán. Así, nada más abrir la aplicación aparece la pantalla de selección de usuario. Para facilitar la búsqueda, se muestra el nombre y una fotografía de cada usuario, y los botones necesarios para desplazarse por la lista. Esta primera pantalla fue la semilla de las pantallas de selección de los otros módulos, así como de la nueva versión de AssisT-In.

El siguiente paso es localizar al usuario. Para ello, primero se muestra una pantalla donde se le recuerda el formato de las pistas que tiene que buscar y se le indica que busque la más cercana. Una vez pulsa continuar, automáticamente se abre el escáner

7.4. APLICACIÓN MÓVIL

de códigos QR para capturar y decodificarlo. En este momento ya se ha localizado al usuario y se marca el nodo de inicio. Esta información es importante ya que la lista de los posibles destinos a los que puede dirigirse viene determinada por su localización inicial. Para poder elaborarla, se hace una consulta al servidor, el cual devuelve los nombres e identificadores de los destinos. Esta lista se muestra al usuario y se espera a que seleccione uno de ellos. Conocido el destino, el último paso es solicitar al servidor el camino entre los dos puntos. Tras aplicar el algoritmo de búsqueda, el servidor devuelve la lista de los nodos que componen la ruta y se comienza el guiado. En la Figura 7.8 se han recopilado las pantallas del proceso de inicio del sistema hasta que se comienza el guiado.

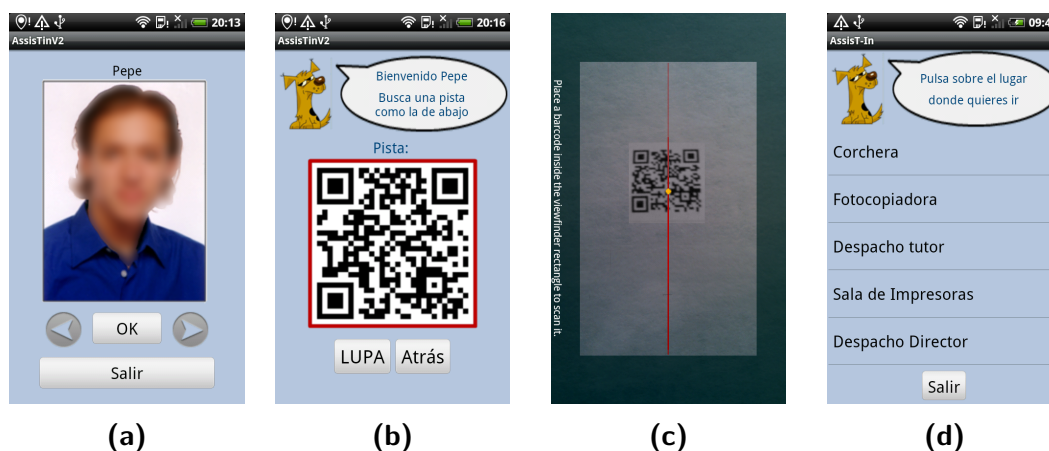


Figura 7.8. AssisT-In: capturas de pantalla del inicio de la aplicación.
(a) Selección de usuario. (b) Recordatorio inicial. (c) Captura de un QR. (d) Lista de selección de destino.

El proceso de guiado se divide en tres etapas: búsqueda de la siguiente pista, escaneo del código y *feedback*. Para ayudar en la búsqueda de las diferentes pistas, se ha diseñado una pantalla que incluye una fotografía tomada desde el punto en el que se encuentra el usuario y orientada hacia la dirección de la siguiente pista. Además, si el cuidador así lo desea, se puede destacar en la imagen la localización exacta de la pista (utilizando herramientas externas²). Un ejemplo de esta pantalla se muestra en la Figura 7.9 (a). En la parte superior, el asistente indica que se busque la pista que aparece en la foto. Como en este caso la pared sobre la que está pegada queda perpendicular a la posición del usuario, se ha destacado la posición aproximada con un marco rojo. En la parte inferior de la interfaz se encuentra un único botón para, una vez se ha localizado la pista y se está frente a ella, pasar a la segunda etapa y escanearla (Figura 7.9 b). Finalmente, una vez se escanea el código, se comprueba si es válido y se informa al usuario. Se pueden dar cuatro posibilidades: la primera (Figura 7.9 c) es que la pista sea correcta. En el caso de que sea la última pista, el asistente informa que se ha llegado al destino y se finaliza la aplicación (Figura 7.9 d).

²Por ejemplo, *The Gimp*. <http://www.gimp.org/> (último acceso: enero 2015)

Por otro lado, que la pista sea incorrecta, se puede deber a que sea una pista anterior o posterior a la que debería, esté fuera de ruta o no sea válida. El primer caso se debe a que el usuario se ha saltado alguna pista o ha retrocedido en la ruta. Si esto ocurre, se informa al usuario y se retoma el guiado desde ese punto (Figura 7.9 e). Otra opción es que la pista esté fuera de ruta, es decir, es una pista válida pero no pertenece al camino que ha calculado el servidor (Figura 7.9 f). En tal caso, se solicita de nuevo la ruta al servidor, tomando como nodo de inicio el que se acaba de escanear. Finalmente, si la pista no forma parte del mapa, se advierte al usuario y se vuelve a mostrar la vista que debía buscar.

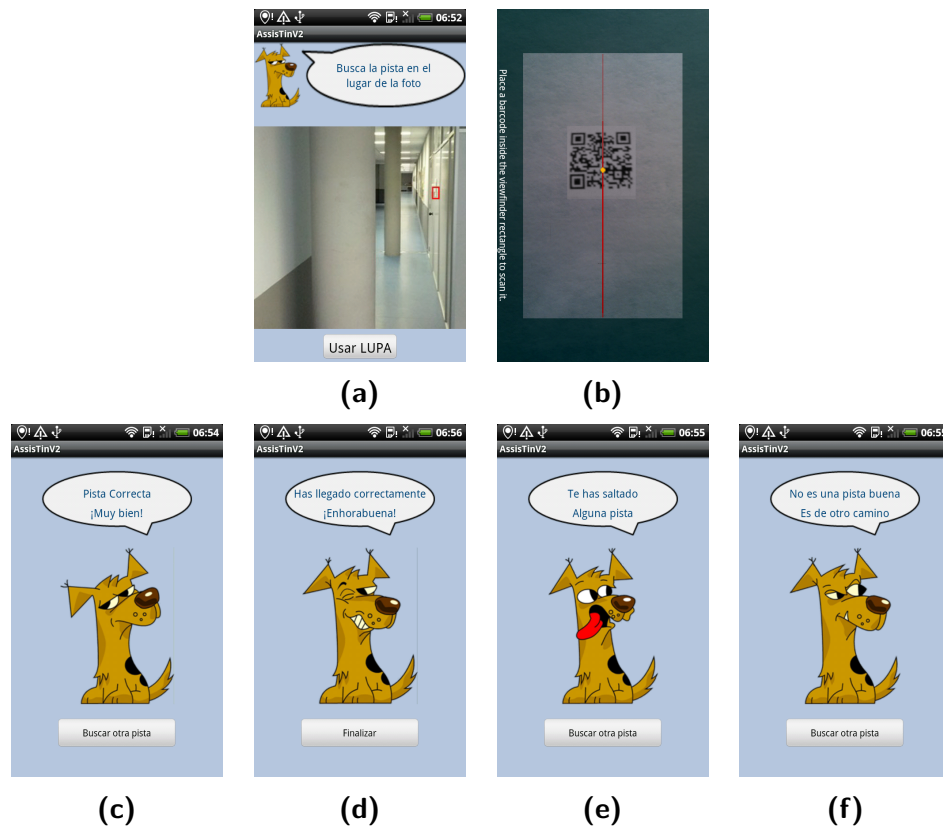


Figura 7.9. Assist-In: capturas de pantalla durante el guiado. (a) Búsqueda de la siguiente pista. (b) Captura de QR. (c) *Feedback* pista correcta. (d) *Feedback* llegada al destino. (e) *Feedback* pista en desorden. (f) *Feedback* QR no válido.

7.4.2. Prototipo en desarrollo

El prototipo en el que se está trabajando mientras se redacta este documento pretende, por un lado, resolver los problemas de la versión anterior y que surgieron durante su evaluación y, por otro lado, ser consistente tanto en interfaz como funcionalidades con los otros módulos del sistema. Para ello, además, se han de realizar cambios en la

arquitectura del servidor, de forma que se potencie la compatibilidad con el resto de los módulos, siguiendo el diagrama de la Figura 7.4.

Con respecto a la aplicación móvil, los cambios afectan tanto a la funcionalidad como el diseño de la interfaz. En concreto, la nueva versión debe ser capaz de funcionar en modo sin conexión, es decir, mantener una copia local del modelo del entorno y calcular la ruta el propio teléfono, implementando el algoritmo de búsqueda. Este mecanismo de adaptación al contexto del usuario, como ya se comentó en la Sección 5.4.3, además de permitir el funcionamiento en diversos entornos, puede evitar errores provocados por pérdida de señal y hace más eficiente el consumo de batería. Por otro lado, otro aspecto importante es agregar la sintetización TTS al sistema. Durante la evaluación, se observó que algunos usuarios con limitaciones en la lectura no llegaban a comprender bien las órdenes, ya que se daban únicamente de forma textual.

El diseño de la interfaz se debe cambiar para mantener la misma línea estética que el resto de módulos. Además, la mascota virtual desaparece ya que no causó buena impresión entre los usuarios. De esta forma, la pantalla de selección del destino quedaría idéntica a la de AssisT-Out, y la interfaz mostrada para indicar el lugar de la siguiente pista, sería como la de un paso de AssisT-Task. Finalmente, a la hora de dar la retroalimentación se muestra un pictograma que permite identificar la valoración de forma visual, además del texto correspondiente. En la Figura 7.10 se muestran las diferentes maquetas correspondientes a las pantallas (a) selección de destino, (b) búsqueda de la siguiente pista y (c) – (f) *feedback*.

7.5. Evaluación

La evaluación del prototipo de AssisT-In se llevó a cabo con la intención de valorar la funcionalidad del sistema y su idoneidad para guiar a personas con diversidad funcional intelectual, es decir, hacer una primera valoración de la asistencia prestada y sus posibles implicaciones en la vida diaria de los usuarios. Para ello, se contó con la participación de 14 alumnos y sus profesores del “Instituto de Psico – Pediatría Dr. Quintero Lumbreras” (IPP³).

El acceso de los usuarios comienza a la edad de 6 años, en los primeros cursos de educación básica – obligatoria. Esta etapa se extiende hasta los 16 años. Una vez son adultos, la siguiente etapa es la formación para la vida adulta (entre 16 y 21 años). En la etapa adulta, el propio centro también ofrece los servicios de centro de día y centro ocupacional, estrechamente relacionados, cuyos objetivos son la mejora de la calidad de vida de los usuarios mediante el trabajo en la habilitación laboral como el desarrollo personal y social. Finalmente, para completar el ciclo formativo el centro cuenta con

³Para más información: <http://www.somosipp.com/> (último acceso: enero 2015)

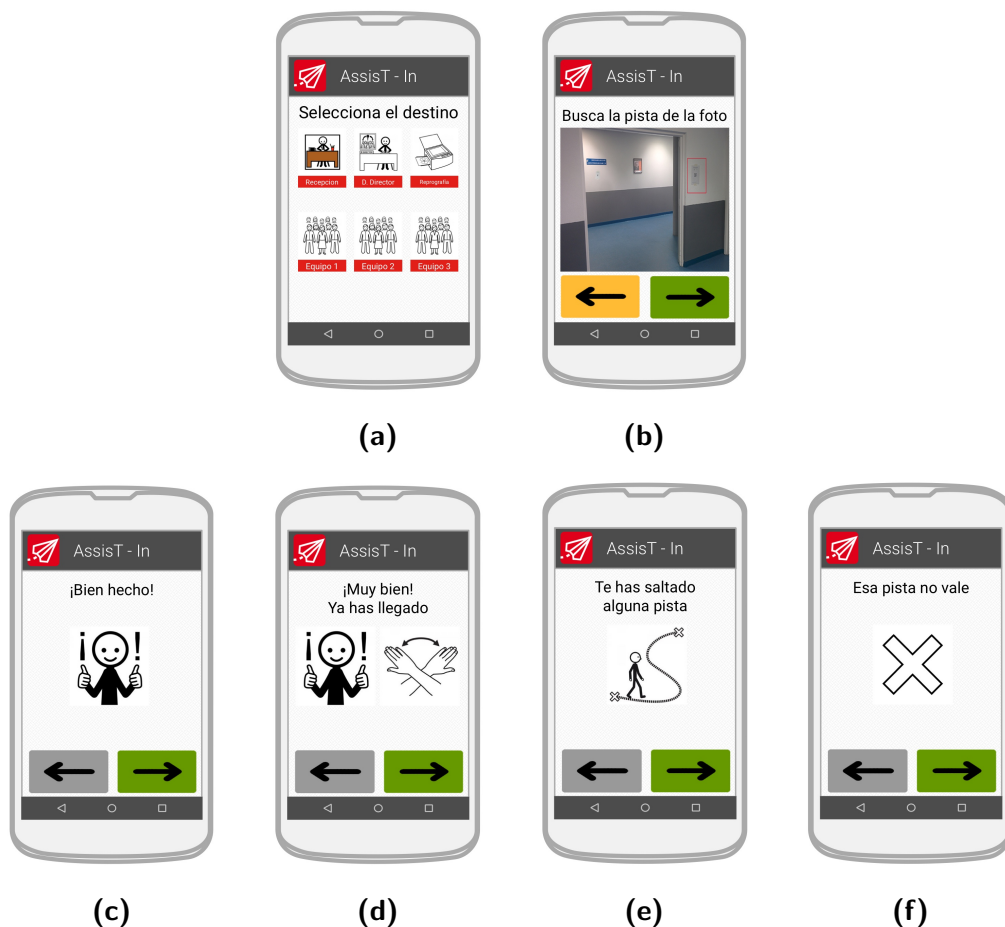


Figura 7.10. AssisT-In: maquetas de las pantallas durante el guiado. (a) Selección de destino. (b) Búsqueda de la siguiente pista. (c) *Feedback* pista correcta. (d) *Feedback* llegada al destino. (e) *Feedback* pista en desorden. (f) *Feedback* QR no válido.

residencias y pisos tutelados donde los usuarios conviven con otras personas, pero fuera del ámbito familiar. Finalmente, el instituto también cuenta con un centro especial de empleo, concretamente un centro de floristería, donde las personas se desarrollan en un entorno laboral real.

Los usuarios que participaron en la evaluación pertenecen a los grupos de formación para la vida adulta. La propuesta surgió de los propios educadores del centro, quienes propusieron empezar por los niveles más bajos, de cara a hacer un seguimiento según avancen en sus etapas formativas. Es decir, empezar utilizando esta nueva asistencia tecnológica a nivel de centro educacional para que, en el momento de acceder a un empleo, el usuario ya esté familiarizado con el sistema, para que su uso no repercuta negativamente en su desempeño, ni se requiera un entrenamiento adicional.

Las pruebas tuvieron lugar en la Escuela Politécnica Superior (EPS) de la Universi-

dad Autónoma de Madrid de forma que se trataba de un entorno totalmente nuevo para ellos y, por lo tanto, no había posibilidad de sesgo por conocimiento del espacio. Esto supuso todo un reto para muchos de los usuarios ya que no están acostumbrados a este tipo de ejercicios menos aún, fuera de su espacio educativo. Para intentar reducir ese posible estrés, por recomendación de los profesores, se realizó una visita previa al IPP, donde se les dio la oportunidad de conocer al equipo de personas que iba a participar en la evaluación (como observadores), se pudo explicar el ejercicio que iban a tener que hacer y contestar todas las preguntas o dudas que pudiesen surgir. Por conversaciones posteriores con los profesores, este hecho unido a la visita a la universidad, hizo que estuviesen fuertemente motivados y se lo tomaron mucho más en serio.

7.5.1. Metodología

El experimento consistió en una observación de campo en la que cada usuario realizó un único recorrido. Por lo tanto se trata un experimento con medidas independientes o “*between – subjects*”. Durante las sesiones (pre-, durante- y post-test), se aplicaron diversas técnicas, como entrevistas y cuestionarios estándar, análisis del registro de uso, medidas de prestaciones, “thinking aloud” y el método del conductor.

Las pruebas se dividieron en dos días para facilitar el acceso de todos los usuarios y, dado que no se realizaron en su centro, que la espera para realizarla no fuese demasiado larga. Por lo tanto, cada día se contó con 7 usuarios y dos profesores del IPP. Uno de ellos esperaba con los participantes y otro acompañaba durante el recorrido. La presencia de su profesor durante la prueba ayudó a que estuviesen menos nerviosos y, en caso de situación de estrés, que se pudiesen tomar las medidas necesarias para acotar el problema.

Cada sesión se programó de forma que los participantes esperaban en la cafetería de la EPS y, mientras tanto, rellenaban el cuestionario de hábitos de uso de tecnología (ver Sección A.2.1). De forma consecutiva se fue llamando uno a uno a los alumnos para realizar la prueba. Ésta se dividió en dos partes: primero, en una zona poco transitada de la EPS, se realizaba un pequeño entrenamiento. Mediante el método del conductor, se seguía un recorrido de 3 pistas (inicio, pista intermedia y fin) durante el que se le enseñaban todas las funcionalidades de la aplicación, a distinguir las pistas correctamente (ya que se colocaron algunas falsas) y el manejo básico para escanear los códigos. Una vez terminado el entrenamiento, se pasaba a la ruta de test.

Durante todo el recorrido un observador y uno de los profesores acompañó al usuario, unos pasos por detrás para no interferir en la localización e identificación de las pistas, salvo que el usuario explícita o implícitamente lo solicitase (algunos de los usuarios tenían TEA por lo tanto, la comunicación en muchas ocasiones era por iniciativa del profesor ante un gesto o comportamiento del usuario). Además del registro que

guarda la aplicación, se grabó el desempeño del usuario en tercera persona para poder analizar comportamientos y otros aspectos a posteriori. Al llegar al destino, de forma individualizaba, se le realizó el cuestionario “System Usability Scale” (Escala de Usabilidad de Sistemas, SUS) [125], traducido al castellano. Este cuestionario, de tan sólo 10 preguntas, permite obtener una medida cuantitativa del nivel de usabilidad del sistema. Además, para completarlo, se añadieron una serie de preguntas para poder extraer las virtudes y defectos del prototipo. El cuestionario completo se encuentra en la Sección A.2.6.

Descripción de la ruta

La ruta de entrenamiento tuvo lugar en un pasillo poco transitado de la EPS. En un espacio de unos 5 metros, se colocaron tres QRs (0-2) como se puede ver en la Figura 7.11. Además se incluyeron otros elementos como un QR fuera de ruta, y un póster que contenía otro sin ningún tipo de relación. El recorrido comenzaba cerca del código 0, que era el que se utilizaba para localizar al usuario. De ahí se debía pasar al 1 y del 1 al 2, que estaba colocado en las puertas de un almacén. Durante este entrenamiento se utilizó la técnica del método del conductor, ya que el investigador que le acompañaba le iba explicando en cada momento como se debía proceder, las referencias de las que se podía hacer valer para encontrar las pistas y se resolvió cualquier duda que pudiese tener el usuario.

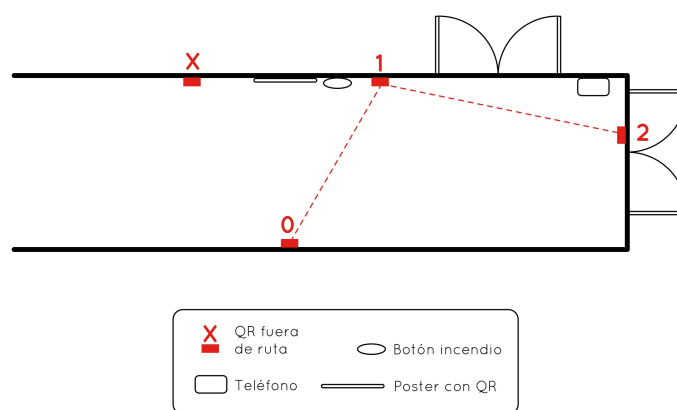


Figura 7.11. AssisT-In: plano de la ruta de entrenamiento.

Una vez completado el entrenamiento, se pasó a la ruta de test. Ésta cubría el recorrido desde el hall del edificio hasta el laboratorio AmILab. En total se colocaron 12 pistas (como se puede ver en la Figura 7.12). En el hall de la planta 0 se colocaron la pista 0 (para localizar al usuario inicialmente) y la 1, justo encima de los botones para llamar al ascensor, como se puede ver en la Figura 7.13a. Una vez la escaneaban, se mostraba la localización de la pista 2 (dentro del ascensor, Figura 7.13b) y muchos usuarios automáticamente lo llamaban. Dentro del ascensor también se colocó la pista

3. En la foto mostrada, se daba la instrucción de pulsar el botón para ir a la cuarta planta (Figura 7.13c). Una vez se llegaba a la planta adecuada y se salía del ascensor, los usuarios se debían dirigir a la pista 4 (Figura 7.13d), sin embargo, en algunos casos se localizó la pista 5, aunque al revisar en detalle la foto algunos usuarios rectificaron (Figura 7.13e). La pista 6 (Figura 7.13f) se encontraba al lado de un extintor, lo que la hacía fácilmente localizable. La pista 7, al estar al lado de una corchera (Figura 7.13g) resultaba más difícil de identificar, ya que en el entorno había varias de éstas. La siguiente pista, la 8, se colocó en una columna (Figura 7.13h), como la pista 10 (Figura 7.13j), y ambas eran visibles desde la 7. Con esto se pretendía que los usuarios identificasen la pista por la referencia en la fotografía: en el caso de la pista 8 la columna estaba pegada a una mesa con un ordenador antiguo y una vitrina, mientras que la 10 estaba un poco más aislada. La pista 9 se encontraba al lado de una puerta, cerca de la columna de la pista 10 (Figura 7.13i) y, finalmente, la pista 11 estaba colocada en la puerta del Laboratorio (Figura 7.13k).

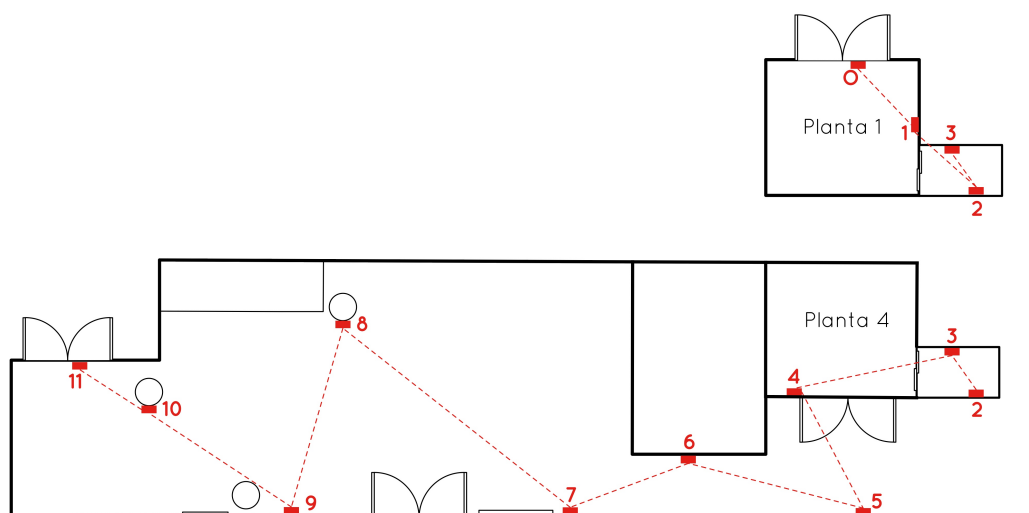


Figura 7.12. AssisT-In: plano de la ruta de test.

Recogida de datos

Durante la ruta se registró toda la interacción del usuario con el *smartphone* y se grabó su recorrido. Así, se han podido medir parámetros como el número de intervenciones del observador o del profesor que le acompañaba, las confusiones, errores y solicitudes de ayuda (implícitas y explícitas). Además, se ha podido elaborar un análisis de los tiempos empleados tanto a nivel total, como individualizado para cada pista.

Finalmente, del cuestionario SUS se ha podido extraer una medida objetiva y cuantitativa de la satisfacción del usuario con respecto a la herramienta y, gracias a las preguntas adicionales, una opinión más subjetiva, puntos fuertes y debilidades, etc.



Figura 7.13. AssisT-In: capturas de pantalla de la ruta.

7.5.2. Usuarios

El grupo de participantes formaba parte de los grupos de formación para la vida adulta. En este tipo de grupos, se suele trabajar tanto en el aula como en talleres y en áreas como la lecto-escritura, destrezas psicomotoras aplicables en el entorno laboral (manejo de pequeñas máquinas, artesanía, etc.) y habilidades y comportamientos sociales. Los perfiles cognitivos, en general, fueron un poco más bajos que en las eva-

luaciones del resto de módulos del sistema. En la Tabla A.5 se encuentra la valoración facilitada por los profesores del centro.

Como se puede ver, era un grupo de jóvenes adultos, con edades comprendidas entre los 17 y 20 años ($\bar{X} = 18,21$ años, $\sigma = 1,19$ años), 9 de los cuales eran hombres y 5 mujeres. Con respecto al grado de discapacidad certificado, la media es del 59 %. El grado de dependencia, aunque no todos lo tenían certificado, se encontraba entre los niveles II (dependencia severa) y III (gran dependencia), por lo tanto se trataba de usuarios muy poco autónomos y con necesidad de asistencia casi continua. En cuanto a su nivel curricular, la mayoría presentaban niveles equivalentes a niños en las primeras fases de la educación primaria (6 – 8 años), es decir, con capacidades básicas de lecto–escritura, cálculo y razonamiento. Por último, con respecto a los tipos de discapacidad, la mayoría presentaban un nivel de discapacidad medio y, dos de los participantes, además, trastorno del espectro autista. En estos dos casos, la comunicación estaba muy limitada.

Perfil tecnológico de los usuarios

La Tabla A.6 recoge las repuestas de los usuarios al cuestionario sobre hábitos y usos de la tecnología (ver Sección A.2.1). De acuerdo a los datos recogidos, los participantes presentaban un perfil tecnológico bajo. Tan sólo 6 de los 14 usuarios confirmaron tener teléfono móvil, si bien 5 de ellos lo identificaron como *smartphone*. El uso era muy variado, existiendo dos perfiles altos, que realizaban múltiples tareas, pero el resto se limitaban a usar las funcionalidades más básicas, llamadas y mensajería. Algunos usuarios, a pesar de no disponer de teléfono propio, sí que tenían acceso al de algún familiar, haciendo uso, de nuevo, de las funciones básicas y de los juegos. Las tabletas parecen ser dispositivos más comunes entre ellos, ya que 9 usuarios confirmaron tener una. El uso principal que se les daba era el ocio (juegos, fotografías y vídeos).

Finalmente, con respecto al uso del correo electrónico y redes sociales, la mayoría no disponía de cuentas en estos servicios. Este hecho puede venir motivado, por un lado, por restricciones de los familiares para evitar posibles riesgos de privacidad y, por otro lado, por las dificultades en lecto–escritura que presentaban algunos usuarios.

7.5.3. Resultados

La evaluación del prototipo se llevó a cabo para comprobar su funcionamiento en un entorno real, es decir, comprobar que los usuarios llegaban al destino con sólo la ayuda del *smartphone* y entendían la metáfora planteada. Por lo tanto, el resultado fundamental era si llegaban o no. Además, se midieron otros factores para valorar el desempeño del usuario, como el tiempo empleado, el seguimiento de las pistas en

orden y, como en las evaluaciones de los otros módulos, los errores, intervenciones y confusiones. La Tabla 7.3 resume los valores medios de estos factores. Las peticiones de ayuda no se han incluido ya que, en el análisis de los vídeos, no se detectó ningún caso.

Además de las medidas objetivas de rendimiento, gracias al cuestionario que se les hizo al terminar, se pudo obtener la valoración subjetiva en cuanto a satisfacción del usuario, y detectar los puntos fuertes y de mejora del prototipo.

	AssisT-In
Llega (Sí/No)	14 /0
Tiempo (mm:ss)	06:30 (03:57)
Secuencia en orden (Sí/No)	12 /2
Errores	0,86 (1,35)
Intervenciones	3,00 (4,00)
Confusiones	2,07 (2,64)

Tabla 7.3. AssisT-In: estadísticos de los distintos factores medidos durante la ruta.

Tiempos

Uno de los factores más importantes a la hora de valorar este tipo de productos de asistencia es el tiempo requerido por el usuario. A partir de los registros de ejecución que almacena la aplicación, se han podido calcular dos tipos de factores temporales: totales y por pistas. Así, los tiempos totales empleados por cada usuario para recorrer la ruta se muestran en la Figura 7.14.

Para poder contrastar estos tiempos, una persona sin diversidad funcional intelectual y que tampoco conocía el entorno ni la aplicación realizó la misma prueba (tanto el entrenamiento como el recorrido) y se midieron los mismos factores. Su tiempo se ha representado en el gráfico por medio de la línea discontinua de color negro y será el tiempo base sobre el que comparar (2 minutos, 44 segundos).

A la vista del gráfico, cabe destacar que la mayor parte de los usuarios realizaron el recorrido en tiempos similares al tiempo base. Sin embargo, se distinguen tres casos especiales: los usuarios 4, 10 y 12. Estos tres usuarios emplearon aproximadamente el doble del tiempo que el resto de participantes. El motivo de este hecho es que se trata de los perfiles más bajos de entre todos los participantes. Si se observa la Tabla A.5, el usuario 4 tiene un grado de discapacidad del 65 % y de dependencia de nivel III (el más alto); el usuario 10 es el que presenta mayor grado de discapacidad (75 %) y el usuario 12, a pesar de presentar un perfil un poco más alto que los otros, aunque muy dependiente, tiene afectado su factor temporal por el hecho de tener que

7.5. EVALUACIÓN

caminar ayudado de una muleta, por lo tanto, requería de más tiempo para desplazarse y colocarse para escanear los códigos.

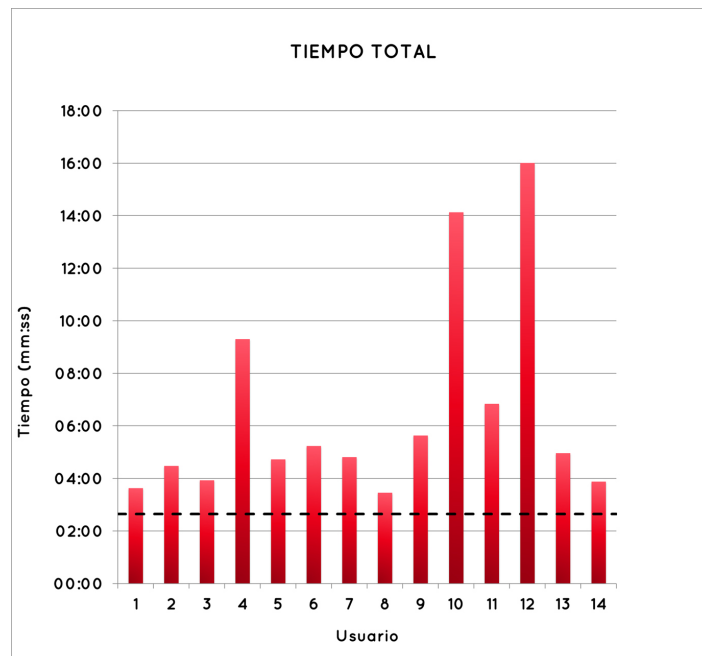


Figura 7.14. AssisT-In: tiempo empleado por cada usuario.

A pesar de estas tres excepciones, el tiempo empleado es muy positivo dado que tanto la aplicación como el entorno eran completamente nuevos para ellos y además existían factores externos que influenciaban el tiempo total, como la espera al ascensor y el tiempo de subida. Este hecho se ve claramente reflejado en la Figura 7.15. En el gráfico se presenta el tiempo medio empleado en cada pista entre todos los usuarios. Este factor se ha calculado como el tiempo transcurrido desde que se le muestra la pista al usuario, hasta que obtiene el *feedback*, es decir, incluye los procesos de localización de la pista, caminar hasta ella y escanearla.

Como se puede observar, el mayor de estos tiempos se corresponde con la pista 4, que se encontraba justo al salir del ascensor en la cuarta planta. Por lo tanto, se ve influenciada por el tiempo que tardaba el ascensor en subir. En relación con esto, el tiempo de la pista 2 también se ve influenciado por la espera a que llegase el ascensor. Tras el estudio de los vídeos se confirmó este hecho, ya que la mayoría de los usuarios identificaron rápidamente la localización de la pista, incluso antes de que llegase el ascensor. La pista 7 también presenta un tiempo medio por encima del resto. Si se recuerda, esta pista se encontraba en la cuarta planta, cerca de una corchera. Tras el análisis de los vídeos se comprobó que esta pista causó bastante confusión y provocó que muchos participantes se equivocasen. Al no encontrarse en un lugar tan visible, ya que alrededor había más carteles, y que en la zona había otras tres corcheras, los usuarios se saltaron la pista o caminaron alrededor para encontrarla.

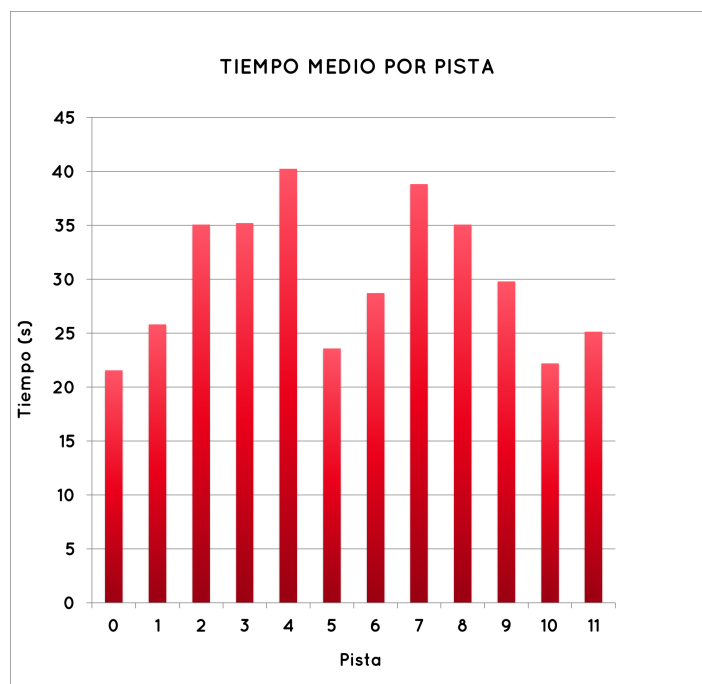


Figura 7.15. AssisT-In: tiempo medio por pista

Orden en el recorrido

Seguir el recorrido en el orden correcto también es un factor importante. Generalmente, el aprendizaje de este tipo de tareas se basa en la repetición y mecanización. Por lo tanto, es importante que se sigan siempre las mismas pistas. En la ruta propuesta existían dos puntos en los que cabía la posibilidad de saltarse pistas, ya que se veían varias desde el mismo punto. El primero de estos lugares era la salida del ascensor, desde donde se veían las pistas 4 y 5. Sin embargo, en la fotografía claramente se indicaba que se debía dirigir a la pista 4. Otro de estos puntos se daba tras escanear el código 6. Los siguientes puntos (7 a 10) se encontraban en un espacio abierto más o menos amplio. Además, tanto la pista 8 como la 10 se encontraban en una columna, lo que podía causar confusión si no se prestaba atención al entorno.

Estos lugares de confusión quedaron reflejados empíricamente durante las pruebas. Dos usuarios localizaron en desorden las pistas 4 y 5, aunque se dieron cuenta y las acabaron escaneando en orden. Por otro lado, 5 usuarios fallaron en la localización de la pista 7. En este punto, cabe destacar que los dos usuarios que fallaron en las pistas 4 – 5, también fallaron a la hora de localizar la pista 7. En todos estos casos de error se les advirtió que no iban bien, pero se recuperaron por sí mismos, sin necesitar reubicación. Es decir, cuando se les indicó que no había seguido bien el camino y que se fijasen en la pista que tenían que buscar, fueron capaces de encontrar el camino correcto.

Errores, intervenciones y confusiones

En este caso, la presencia de errores e intervenciones vino estrechamente relacionada con el seguimiento de las pistas. En ningún caso se tuvo que intervenir para ayudar con el manejo de la aplicación o del móvil. El grueso de intervenciones se dieron en los casos de los usuarios con perfiles más bajos (4, 10 y 12) pero no fueron lo suficientemente graves como para considerar que el usuario no hubiese llegado al destino.

Otros factores observados

El análisis posterior de los vídeos permitió analizar otros factores, como el desempeño a la hora de escanear los códigos. En general, no se detectaron grandes dificultades a la hora de capturar los QRs. La mayoría de los usuarios estaba familiarizado con este tipo de dispositivos y, muchos de ellos, confirmaron tomar fotografías con su teléfono o tableta. Por lo tanto, esta tarea era realmente sencilla para ellos.

Por otro lado, con respecto a la mascota virtual, en general no le prestaron atención más que en la etapa de entrenamiento. Además, para algunos usuarios, la expresión del perro era confusa y no tenían claro si el *feedback* era positivo o negativo. En general, se limitaban a saltar la pantalla de retroalimentación sin prestar ningún tipo de atención.

Cuestionario post – test

El cuestionario que se realizó a los usuarios tras la prueba permitió obtener una valoración cuantitativa de la usabilidad del sistema. En concreto, el cuestionario SUS consiste en 10 preguntas cuyas respuestas son valores entre 1 (completamente en desacuerdo) y 5 (completamente de acuerdo). El cálculo del resultado final requiere algunas operaciones ya que, al presentarse algunas preguntas con sentido positivo y otras con sentido negativo, se deben adecuar las respuestas para que vayan en el mismo sentido. De acuerdo con el autor del cuestionario, se deben realizar las siguientes operaciones:

- Para las preguntas impares: restar 1 a la respuesta.
- Para las preguntas pares: tomar como valor el resultado de restar a 5 la respuesta.
- Sumar estas nuevas puntuaciones y multiplicar el resultado por 2,5.

Después del proceso anterior, se obtendrá un resultado entre 0 y 100 puntos que, gracias a los percentiles elaborados por el propio autor, permiten comparar la usabilidad

del sistema que se ha evaluado con un *corpus* resultado de su investigación. De esta batería de pruebas, el valor medio del resultado es de 68 puntos. Por lo tanto, si el sistema probado obtiene una puntuación superior a este valor se puede considerar que está por encima de la media de los sistemas (en términos de usabilidad percibida). Tras realizar los cálculos oportunos, AssisT-In ha obtenido una puntuación de 63 puntos, lo que lo sitúan realmente cerca de esta media. En la Tabla 7.4 se incluyen las respuestas individualizadas del cuestionario, así como la puntuación total obtenida por usuario con la corrección propuesta.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	Total
U_1	5	4	2	4	3	3	4	4	5	3	52,5
U_2	1	1	5	3	5	1	5	2	5	2	82,5
U_3	4	2	4	1	3	3	4	3	3	2	67,5
U_4	4	3	4	3	4	2	4	2	4	3	67,5
U_5	5	5	2	5	5	3	3	3	2	3	45
U_6	4	3	3	3	4	3	4	4	3	4	52,5
U_7	5	4	2	4	3	3	3	4	4	3	47,5
U_8	5	1	5	1	4	2	4	3	5	4	80
U_9	5	2	4	4	2	2	3	2	4	3	62,5
U_{10}	4	2	4	4	3	3	3	2	4	3	60
U_{11}	5	1	5	1	4	2	3	3	2	3	72,5
U_{12}	5	2	4	1	3	3	4	2	2	2	70
U_{13}	2	4	2	2	3	3	4	3	5	3	52,5
U_{14}	5	1	5	4	4	2	4	2	3	2	75

Tabla 7.4. AssisT-In: respuestas al cuestionario SUS

Del resto de preguntas del cuestionario, tanto el uso del smartphone como la búsqueda de pistas parecen ser los factores que más han gustado a los usuarios. Por el contrario, lo que menos gustó y coincidió con lo más difícil de la prueba era la localización de algunas pistas, algo que ya se había visto a través de los análisis. En este mismo sentido, no hay acuerdo sobre el número de pistas idóneo. Para algunos usuarios fueron muchas, para otros pocas y para otros las correctas.

7.6. Conclusiones

El objetivo de estas pruebas era obtener una valoración del prototipo inicial en cuanto a funcionalidad y adecuación a las necesidades de los usuarios. De acuerdo a los diferentes factores analizados, se puede concluir que el sistema cumple sus objetivos. Todos los usuarios consiguieron llegar al destino y, la mayoría, en tiempos razonables. De hecho, estos tiempos resultaron muy parecidos al que empleado por una persona sin diversidad funcional intelectual en hacer el mismo recorrido. Sin embargo, los perfiles más bajos presentaron grandes dificultades para seguir el camino y hacerlo dentro de

un cierto margen de tiempo.

Con respecto al recorrido, se han detectado ciertas anomalías, algunas de las cuáles se propusieron intencionadamente para validarlas experimentalmente. Una vez se localiza la pista, prácticamente ningún usuario tuvo problemas para escanear el código. Al tratarse de jóvenes acostumbrados al uso de terminales móviles (*smartphones* y tabletas) y dada la similitud entre tomar fotografías y capturar códigos, la tarea les resulta totalmente intuitiva y natural. Sin embargo, la localización de pistas no les resultó tan sencilla a todos. En los casos donde se tiene visión directa de dos pistas, muchos usuarios optaron por escanear la más lejana, a pesar de que en la fotografía que se les muestra se destacase la otra. El mayor problema viene en los entornos más abiertos, donde se puede dar el caso de que se repitan elementos (mobiliario, cartelería, etc.). En estos espacios es muy posible que los usuarios se equivoquen. Sin embargo, se espera que, con un entrenamiento algo más largo en el manejo de la aplicación, los usuarios puedan ser capaces de fijarse en la fotografía y buscar exactamente lo que se muestra, más que en dejarse llevar a la pista que se ve directamente. En todo caso, la distribución de las pistas por el entorno se debe realizar de una forma muy cuidadosa, atendiendo a más factores que la visión directa, como se proponía con este prototipo.

Por otro lado, en lo referente al asistente virtual, en general no se le ha prestado atención. Es más, algunos usuarios que sí se fijaron en la expresión del perro, reconocieron que era un poco confusa. Por lo tanto, para el prototipo en desarrollo, se ha decidido eliminar este asistente. Sin embargo, sí se mantendrá el *feedback* tras cada pista, ya que es el mecanismo para hacer saber al usuario si lo está haciendo bien o mal.

Finalmente, de acuerdo a los resultados del cuestionario SUS, AssisT-In se coloca por debajo de la media en cuanto a usabilidad percibida. Este resultado puede venir condicionado por tratarse de un prototipo inicial. En todo caso su usabilidad ya está casi al nivel medio general. Esto anima a continuar trabajando en la nueva versión, en la que se pretenden mejorar los aspectos donde el primer prototipo ha mostrado un peor rendimiento, así como ampliar sus funcionalidades y replantear la estética para que sea acorde al resto de módulos del proyecto AssisT.





8 Recomendaciones de diseño

A partir de la experiencia en el diseño de los diferentes prototipos y las evaluaciones, se ha elaborado una lista de recomendaciones para diseñar aplicaciones móviles de asistencia adaptadas a personas con diversidad funcional intelectual. Estas recomendaciones se han dividido en tres grupos: consideraciones generales, de la estructura de la interfaz y del contenido.

8.1. Consideraciones generales

Accesibilidad

Las reglas generales de accesibilidad web, como WCAG o [96], se pueden poner en práctica a la hora diseñar interfaces para dispositivos móviles. Así:

- Las interfaces deben ayudar a los usuarios a localizar y reconocer la información, no obligarles a recordarla.
- Las animaciones muy rápidas u ostentosas pueden provocar convulsión o ataques epilépticos, por lo tanto se deben evitar y ofrecer animaciones más sutiles y calmadas. En este mismo sentido, los elementos animados irrelevantes (como marcos o elementos decorativos) pueden resultar atractivos, pero al mismo tiempo pueden captar la atención de los usuarios y distraerlos.
- Tanto las pantallas iniciales de introducción como las pantallas *splash*¹ se deben

¹Pantallas estáticas que muestran una imagen o el logotipo y esperan que el usuario interactue

evitar y se debe mostrar directamente la interfaz en la que el usuario tenga el control.

- Las tareas deben estar bien estructuradas y ser sencillas de seguir. Para ello los usuarios deben conocer dónde están y cuánto les falta para concluir.
- El sistema debe ser configurable para adaptarse al usuario. Sin embargo, se debe ofrecer una configuración base.

Por otro lado, los principales desarrolladores de sistemas móviles (Apple y Google) incluyen en sus guías de diseño una serie de recomendaciones relacionadas con la accesibilidad. Entre ellas se encuentran:

- Usar etiquetas para describir los controles de usuario. Así, los lectores de pantalla pueden describir las interfaces a los usuarios.
- Probar las aplicaciones con diferentes lectores de pantalla para comprobar que el sistema se describe correctamente.
- Incluir información multimodal (tanto textual como en formato de audio) durante la navegación y la retroalimentación, así como otros mecanismos físicos (vibración o dispositivos externos).

Robustez

La prevención de errores se debe incluir en el proceso de diseño. Dado el alto nivel de frustración de los usuarios y la baja tolerancia a fallos, es muy importante que se consideren las posibles situaciones de error. En concreto, existen tres tipos de error: errores de la aplicación, errores del usuario y errores externos.

Los errores de la aplicación son los más sencillos de prevenir. Para ello, se deben considerar los diferentes escenarios en los que se podrá emplear la ayuda. Para ello, se debe probar el sistema en diferentes dispositivos y condiciones (conexión a internet, intensidad y calidad de señal, luminosidad, etc.).

Los errores del usuario son más difíciles de prever. Sin embargo, incluir al usuario en el proceso de diseño y test permite acotar en gran medida este tipo de errores.

Finalmente, los errores más complicados de evitar son los externos, dada su posible variabilidad. Para ello, se recomienda probar el sistema en las condiciones de funcionamiento reales.

con ellas para comenzar la aplicación

8.2. Estructura de la interfaz

Disposición

La disposición (o *layout*) no se debe limitar a colocar juntos los diferentes elementos que componen la interfaz, sino que debe ayudar a los usuarios a identificar la información más importante. Una disposición desordenada requiere de una carga cognitiva mayor, puede causar rechazo y hacer que el contenido principal pase desapercibido o sea inaccesible. Además, debe destacar los elementos interactivos y sus relaciones. Así, los usuarios los reconocerán más fácilmente.

En general, los elementos más importantes deben ser más grandes y ocupar la mayor parte del espacio disponible. Además, se suele considerar que los elementos del mismo color, apariencia, tamaño o cercanos están relacionados. Por otro lado, en las culturas occidentales, el contenido más importante se suele situar en la parte superior izquierda, de acuerdo a los hábitos de lectura de los usuarios.

Finalmente, se deben considerar las dimensiones físicas del dispositivo y la orientación, ya que afectan directamente a la disposición. Dependiendo de la ergonomía del dispositivo, los usuarios tenderán a usarlo en vertical y horizontal, si usarán sólo una mano para sujetarlo e interactuar o necesitarán las dos, etc.

Espacio negativo

El espacio en blanco o espacio negativo se corresponde con los lugares donde no hay contenido. Un uso correcto de este espacio aporta simetría y hace la interfaz más clara y limpia. De hecho, un uso indebido de este espacio puede hacer que la interfaz resulte inútil y frustre al usuario.

Navegación

La navegación es el mecanismo que permite a los usuarios percibir y moverse por la información. La navegación revela el contenido y, por lo tanto, todos los elementos de la interfaz deben trabajar de forma conjunta para dirigir este contenido al frente. Así, se debe estudiar la navegación en detalle para ofrecer la mejor experiencia de usuario. Es más, los usuarios no suelen prestar atención a la navegación a no ser que no se ajuste a sus necesidades. Es decir, si la navegación se ha diseñado cuidadosamente, pasará desapercibida y el usuario se centrará en el contenido. En el caso contrario,

provocará rechazo y frustración.

Para adaptar la navegación a las necesidades de las personas con diversidad funcional intelectual, se debe ofrecer una experiencia consistente, en la que sólo exista un único camino para llegar al mismo contenido.

Interactividad

La interactividad incluye todas las características interactivas de la interfaz. Es decir, las diferentes maneras que tiene el usuario para relacionarse, comunicarse o manipular cualquiera de sus elementos. De hecho, existe un problema aún abierto sobre la mejor forma de hacer notar que un elemento es interactivo. Este hecho se denomina comúnmente como “*interaction blindness*” (ceguera a la interacción) y resulta aún más acusada en personas con diversidad funcional intelectual, dadas sus limitaciones en el pensamiento abstracto.

Uso del color

La percepción del color y la psicología están íntimamente relacionadas con el diseño de la interfaz. Por lo tanto, las variaciones en el color resultan muy efectivas para captar la atención del usuario. A pesar de que algunas paletas de colores pueden mejorar la estética de la interfaz, una combinación demasiado llamativa o desligada de la tarea puede distraer al usuario o hacer que se preste atención a elementos poco relevantes. Así, para hacer un uso apropiado se recomienda lo siguiente:

- Estudiar el impacto del color con respecto a la legibilidad del contenido. En este sentido, se debe prestar especial atención a las personas daltónicas o con visibilidad reducida. Así, se deben proveer paletas de color alternativas y se debe comprobar la accesibilidad de las combinaciones.
- Considerar el efecto del color sobre la percepción de la interfaz. Seleccionar una paleta de color inadecuada puede causar frustración o disgusto.
- Probar las combinaciones en diferentes dispositivos. La pantalla es uno de los componentes que más varía de unos modelos a otros. Existen diferentes tecnologías, tamaños y características de visión (rangos y temperaturas de color, ángulos de visión, brillo, contraste, etc.). Por lo tanto, la representación del color puede ser diferente en los diferentes modelos por lo que se recomienda probar las interfaces en varios dispositivos para comprobar su correcta representación.

Por otro lado, un uso excesivo del color puede hacer que la interfaz parezca desordenada y ralentice la de búsqueda de información.

Retroalimentación

La retroalimentación o *feedback* permite a los usuarios conocer cómo están haciendo la actividad, cuánto les falta para concluir, etc. Por lo tanto, se debe proveer la retroalimentación necesaria para cubrir estas necesidades y, además, esta comunicación se debe adaptar a las necesidades particulares de los usuarios. Así, una barra de progreso que se llena de acuerdo al avance del usuario requiere menor carga cognitiva que una expresión textual indicando el porcentaje de actividad restante.

Por otro lado, existe otro tipo de *feedback* relacionado con la interacción. Por ejemplo, al pulsar un botón se puede notificar al usuario mediante sonido, vibración o animando el elemento de forma que pueda percibir que ha realizado la acción. Este tipo de retroalimentación es especialmente importante para usuarios impulsivos.

8.3. Contenido

Papel principal

El contenido debe tener el papel principal de la interfaz. De este modo, se contribuye a reducir la carga cognitiva. Así, el contenido debe ser el foco de atención del usuario. Este se consigue destinándole el mayor espacio posible, pero de forma sensata, es decir, que ocupe el mayor espacio no significa que se incluya mucho contenido sin relación aparente.

Legibilidad

La legibilidad del contenido, es decir, la capacidad de ser leído se puede analizar desde dos puntos de vista: por un lado, con respecto al formato y estética del texto. Por otro lado, con respecto a la comprensión y las propiedades de fácil lectura.

Dado que un alto porcentaje de personas con diversidad funcional intelectual tienen problemas de visión y, muchos de ellos, requieren de asistentes visuales, las interfaces se deben diseñar de forma que se maximice la compatibilidad con este tipo de sistemas. Además, se recomienda:

- El texto debe ser lo suficientemente grande y claro para ser leído. Por lo tanto, se deben evitar fuentes pequeñas.
- Sólo se debe usar un único tipo de fuente y se debe evitar los excesivamente decorados o tipo “escrito a mano”.
- El contraste entre el fondo y el color de la fuente debe ser suficiente. En este sentido, se puede atender al estándar WCAG, donde se especifican unos valores mínimos.
- La superposición de textos o el uso de secciones ocultables requiere controles adicionales y, por lo tanto, aumenta la carga cognitiva. Además, dificulta la búsqueda de información.

Por otro lado, la información escrita debe ser fácil de entender. Por lo tanto, se debe adaptar el lenguaje al usuario. Para ello, el primer paso es traducir todos los textos a su lengua nativa. Las plataformas móviles actuales ofrecen mecanismos para el desarrollo de aplicaciones multi-idioma de forma sencilla. Además, el lenguaje empleado se debe ajustar a las directrices de lectura fácil, como utilizar palabras sencillas o frases cortas.

Multimodalidad

Algunos usuarios con diversidad funcional intelectual presentan limitaciones sensoriales, como baja visión o daltonismo. Además, debido a las limitaciones en las capacidades cognitivas, muchos otros no desarrollan las capacidades de lecto-escritura, por lo que pueden presentar dificultades a la hora de entender el contenido (textual). Así, ofrecer la información en modos alternativos puede resultar en una mejor comprensión de la misma y mejor satisfacción y rendimiento del usuario.



9 Conclusiones

9.1. Conclusiones

Esta tesis ha presentado el trabajo llevado a cabo en la aplicación de tecnologías móviles como herramientas para la asistencia de personas con diversidad funcional intelectual. Al tratarse de un trabajo técnico, el primer paso implicaba conocer y entender la diversidad funcional y cómo afecta a la vida diaria. Así, se detectaron tres posibles contextos en los que un apoyo tecnológico podría ayudar a la persona directamente, y a su cuidador indirectamente. Los contextos incluían las actividades en el entorno doméstico, educativo y laboral, así como los desplazamientos en interiores y exteriores.

Una vez detectada y acotada el área de trabajo, el estudio del estado del arte dejó ver que, si bien existen distintas aproximaciones para la asistencia en actividades domésticas o laborales y desplazamientos, estas herramientas suelen ser muy a medida y no ofrecen toda la asistencia que puede requerir el usuario en su día a día. Es decir, se requieren varios de estos sistemas para poder tener el apoyo necesario en cada momento. Esto presenta tres grandes problemas: el acceso económico, la alta tasa de abandono y las posibles barreras que surgen al tener que manejar varios sistemas diferentes que, probablemente, implementan soluciones independientes entre sí.

Llegado este punto, se propuso diseñar, implementar y probar un sistema que ofreciese asistencia integral para las diferentes necesidades que surgen en el día a día. Así, surge AssisT, un sistema de asistencia integral que, gracias al uso de *smartphones*, se propone como un sistema de asistencia ubicua, adaptado a las necesidades particulares del usuario, la actividad a realizar, la tecnología disponible y el contexto. Este sistema pretende ofrecer una experiencia unificada, en la que se promueva la asistencia junto con el entrenamiento y en la que los cuidadores puedan analizar el desarrollo de

sus personas a cargo como si hubieran presenciado la actividad, pero de una forma desatendida o en diferido.

Este sistema se compone de tres módulos: AssisT-Task, AssisT-Out y AssisT-In, encargados de ofrecer apoyo en la realización de tareas instrumentales, navegación en entornos exteriores y navegación en entornos interiores, respectivamente. A pesar de ofrecer asistencia en tareas tan diversas, el objetivo que se planteó era que tanto las interfaces como las metáforas empleadas fuesen lo más parecidas posible, de forma que un usuario que esté familiarizado con uno de los módulos pueda integrar otro de ellos en su día a día sin demasiado esfuerzo y sin requerir un nuevo y extenso entrenamiento.

Durante el ciclo de diseño, implementación y pruebas se ha contado con la colaboración activa de profesionales en la educación y rehabilitación de personas con diversidad funcional intelectual, así como usuarios (con diversidad funcional) y entornos de prueba reales donde se han podido evaluar los diferentes prototipos desarrollados. En total, se han realizado 206 sesiones de prueba, en las que han participado 45 usuarios.

El primer módulo, AssisT-Task, se apoya en la movilidad que ofrecen los *smartphones* para proveer manuales para la realización de tareas instrumentales en cualquier momento y lugar. Para identificar la tarea basta con escanear un código QR asociado a la misma y, automáticamente, el terminal presenta de forma secuencial las instrucciones a seguir para completar la actividad. Esta secuencia se adapta a las necesidades del usuario, pudiéndose reducir la cantidad de apoyo conforme avanza el usuario, es decir, facilitando entrenamiento a la par que asistencia. Por otro lado, el manual también se adapta a la actividad a realizar y las necesidades que puedan surgir durante su ejecución. Con respecto a la adaptación a la tecnología, el sistema hace uso de los recursos disponibles y maximiza su rendimiento. Finalmente, este módulo también se adapta al contexto en el que se encuentra el usuario en el que, por ejemplo, puede no tener conexión a internet y, por lo tanto, se debe trabajar de forma fuera de línea.

La evaluación de los diferentes prototipos que se implementaron proporcionó unos resultados muy positivos. Particularmente, las pruebas de la versión final demostraron cómo un sistema de estas características mejora el rendimiento de los usuarios en tareas que, principalmente, requieran de carga cognitiva. Es más, no solo es que ayude sino que, para algunos usuarios, puede ser una herramienta imprescindible que les permite acceder a nuevas tareas para las que, previamente, no habían sido considerados. Particularmente, para los usuarios con mayores problemas de memoria o impulsividad resulta muy útil, ya que el sistema les obliga a seguir un orden estricto y, si se bloquean y olvidan de la acción a realizar, el propio terminal les puede ayudar a recuperarse.

El módulo de guiado en exteriores, AssisT-Out, utiliza de servicios de terceros (Google Maps, Bing Mapas y Google Street View) para guiar a los usuarios en sus desplazamientos a pie en entornos exteriores. A pesar de que en el mercado existen multitud de aplicaciones para guiar a peatones, la carga cognitiva que requiere com-

prender las instrucciones y la interfaz hace que no se posicionen como soluciones para personas con diversidad funcional intelectual. Ante este problema surge AssisT-Out, que pretende ofrecer una experiencia de usuario adaptada a las necesidades de estas personas. Para ello, a partir de las rutas calculadas por los sistemas comerciales ya comentados, reformula la ruta en términos de instrucciones atómicas (continuar recto, girar a la derecha y girar a la izquierda) de forma que seguir la ruta consiste en atender a una serie de instrucciones muy sencillas y, por lo tanto, resulta altamente mecanizable. De forma natural surgen algunas cuestiones adicionales como la validez temporal/espacial de estas direcciones y la notificación al usuario de que debe realizar un giro o que ha llegado. Para ello, AssisT-Out propone el uso del reconocimiento de puntos de referencia por parte del usuario, una técnica que ha demostrado ser eficaz en otros estudios de la literatura, junto con el seguimiento del usuario gracias al GPS. Así, la instrucción textual se complementa con fotografías a pie de calle de forma que el usuario pueda identificar de forma visual el punto de referencia hasta el que debe caminar o girar. Además, se han incluido dos soluciones adicionales: una barra de progreso que se llena a medida que el usuario se acerca al punto de referencia y una alarma sonora y háptica que se activa cuando se está a punto de llegar al punto donde se ha de pasar a la siguiente instrucción.

El sistema se evaluó con usuarios con diversidad funcional intelectual y se comparó con una herramienta comercial (Google Maps). Se propusieron dos rutas desconocidas para los usuarios y equivalentes en cuanto a dificultad entre sí. Del análisis de los resultados, se detectó que AssisT-Out requirió más tiempo para llegar al destino, debido probablemente a que se trata de una herramienta sistemática, mientras que Google Maps es un sistema de navegación altamente dinámico y que no requiere prácticamente interacción una vez se ha establecido la ruta. Este factor, a pesar de ser importante, no demuestra por sí mismo que una herramienta sea mejor que la otra. Otro factor, que sí parece más determinante, es el número de usuarios que llegaron correctamente al destino. Por correctamente se entiende que físicamente llegaron hasta el destino y lo supieron identificar. En este aspecto, sí hubo significación estadística que soportaba la mejora de AssisT-Out frente a Google Maps. Del conjunto de estos dos factores se puede concluir que AssisT-Out puede resultar una herramienta muy útil que mejora el guiado ofrecido por Google Maps para personas con diversidad funcional intelectual.

Por último, el módulo AssisT-In ofrece el guiado en entornos interiores. Partiendo de las mismas bases que los otros dos módulos, hace uso de códigos QR para la localización del usuario y ofrece una experiencia de navegación basada en la identificación de pistas y puntos de referencia mostrados en fotografías reales del entorno. Además, gracias al modelado del entorno y su tratamiento como grafos, se ha implementado un algoritmo (búsqueda en anchura) que permite el cálculo del camino más corto entre dos puntos. Además, este camino se puede adaptar al usuario o el contexto gracias a que se da la opción de que el cuidador añada nodos o uniones entre nodos en el grafo, de forma que eso repercuta en la ruta calculada. Por ejemplo, se pueden establecer nuevas relaciones entre nodos, que reduzcan la cantidad de apoyo prestado, conforme

el usuario va conociendo el entorno.

En este caso, la evaluación no ha sido tan extensa como en los otros módulos pero se pudo contar con la participación de 14 usuarios con diversidad funcional intelectual de diferente naturaleza y severidad. Los resultados fueron muy esperanzadores, ya que todos los usuarios consiguieron llegar al destino y, la gran mayoría, en tiempos muy razonables, para tratarse de un entorno totalmente desconocido y la primera vez que utilizaron a la aplicación. Sin embargo, se detectó que los usuarios con perfiles más bajos tuvieron más problemas para encontrar las pistas y seguir el camino. Aún así, con un periodo de entrenamiento un poco más largo este problema pueda ser solventado. Otra particularidad que se detectó tras el análisis de los datos, es la sensibilidad del error frente a la localización de las pistas. En lugares donde había varias pistas visibles al mismo tiempo, una cierta cantidad de usuarios tuvieron problemas para identificar la que era correcta. Por lo tanto, a la hora de plantear un despliegue del sistema, se debe tener un cierto cuidado en la ubicación de las pistas. Con la intención de solventar estos problemas, ofrecer una funcionalidad completa y unificar las interfaces con el resto de módulos del sistema, al día de redacción de esta tesis se está desarrollando un nuevo prototipo de este módulo.

A la vista de los resultados, se puede plantear AssisT como un sistema de asistencia validado, ofreciendo una experiencia integrada y unificada que aporta valor a nuevos proyectos de estas características que otros equipos de investigación deseen desarrollar en el futuro.

9.2. Trabajo Futuro

Como líneas de trabajo futuro se proponen las siguientes:

- Una primera línea de trabajo futuro es probar y mejorar la escalabilidad del sistema, de cara a un despliegue masivo del sistema y su difusión en las tiendas de aplicaciones (Google Play Store). Este paso supondría llevar a la sociedad la investigación realizada durante el desarrollo de esta tesis. Algo que, de acuerdo a los resultados obtenidos, podría resultar muy beneficioso.
- Para llegar al objetivo del primer punto, el módulo AssisT-In tiene que ser completado y unificado (en términos de interfaz) con el resto de módulos, así como desarrollar una herramienta de autor que permita la gestión de los mapas de forma sencilla.
- Los resultados positivos de AssisT-Out motivan a mejorar el módulo, añadiéndole más proactividad así como recuperación frente a pérdidas, es decir, que sea capaz de recalcular la ruta y guiar al usuario.

- Relacionado con el punto anterior, AssisT-Out se debería ampliar para ofrecer guiado en el transporte público.
- Mejorar la integración de los tres módulos mediante el uso de un único icono que, al abrirlo, permitiese al usuario recibir el tipo de asistencia que necesitase en ese momento.
- A pesar de haber sido probados los diferentes módulos a nivel individual, no se ha realizado ninguna prueba de uso global del sistema. Sería particularmente interesante obtener la experiencia de usuarios que utilicen las herramientas para su día a día.
- Todas las pruebas se realizaron en entornos más o menos controlados y programados. Otra experiencia interesante sería probar las herramientas en entornos reales (domésticos, educativos y laborales). En este sentido, dos de las entidades que han participado en las evaluaciones de los diferentes módulos, están utilizando AssisT-Task como material en el aula para la realización de algunas de sus actividades formativas. Además, se tienen programadas pruebas de AssisT-Out por usuarios de pisos tutelados.
- Dado que no se pudo realizar el cuestionario de usabilidad en la evaluación de AssisT-Task y AssisT-Out, se debería considerar incluirlos en futuras evaluaciones.
- De las diferentes reuniones y conversaciones con los cuidadores, se propuso llevar estas aplicaciones a tabletas, ya que son realmente populares entre los usuarios. Dados las diferencias físicas de estos dispositivos con los teléfonos, la forma de interaccionar cambia y, por lo tanto, se ha de estudiar en detalle cómo se ha de presentar la información en estos dispositivos para maximizar su efectividad. Con este objetivo se ha llevado a cabo un estudio en el que se han comparado dos interfaces diseñadas para tablet, una siguiendo las líneas genéricas propuestas por los proveedores de tecnología, y otra adaptada a las necesidades de los usuarios y a las particularidades de los dispositivos.



9 Conclusions

9.1. Conclusions

This thesis has presented a research on the application of mobile technologies as supporting systems for people with cognitive disabilities. The mixed, technical and sociological, nature of the work required a deep study on disabilities and how they affect individuals' daily lives. This way, three different contexts where technologies could help people with disabilities and their caregivers were identified. These contexts included activities of the daily living at home, workplace or education center, as well as indoors and outdoors navigation.

The review of the state of the art revealed that there is still a need of systems to support the different needs that a person can have during the day. This is, many of the studied works offered *ad hoc* solutions to compensate an specific need in an specific context. Therefore, users had to acquire some of these products or devices to cover their needs. This leads to three issues: economical access barriers, higher abandonment rates and additional problems related to the use of several systems that may implement different solutions by means of varied interfaces and approaches and may require an specific training process.

Up to this point, a technological system to provide integrated assistance for the different needs that may arise during the day was proposed. This way, the “AssisT” project was designed, developed and evaluated. Thanks to the use of smartphones, it provides ubiquitous assistance adapted to the users' needs, the activity, the available technology and their context. This system aims to offer a unified experience, promote the assistance – training duality and provide the necessary tools to caregivers to analyse users' performance.

The system is composed of three modules: AssisT-Task, AssisT-Out and AssisT-In, which offer assistance to do instrumental tasks, outdoors navigation and indoors navigation, respectively. Despite of the different nature and requirements of the activities supported, one of the main objectives of the work was to keep and unified interfaces and the metaphors used by the three modules. This way, once users are familiar with one of them, integrating a new one in their daily routine should be easier.

During the design and development processes professionals from special education and rehabilitation and users with cognitive disabilities have collaborated actively. The evaluation of the different prototypes developed took a total number of 206 test sessions in which 45 users participated.

The first module, AssisT-Task, relies on the smartphone's mobility to provide manuals to assist during the realization of instrumental tasks in any place and moment. To identify the task users only have to point to the proper QR code with their devices and the instructions that have to be done will be presented sequentially. This manual is adapted to the user's needs so the amount of help provided can be reduced gradually as long as she learns the task. Additionally, it also adapts to the activity and the exceptional requirements that may appear during execution time. Regarding technology adaptation, the module makes use of the available resources and tries to maximize their performance. Finally, AssisT-Task also adapts to users' context by means of providing offline execution capabilities in case no Internet connection is available.

The evaluation of the different prototypes developed provided very positive results. Particularly, the final version test demonstrated that AssisT-Task improved users' performance in task that required higher cognitive capabilities. Furthermore, not only did the system help but also enabled some users to carry out tasks that otherwise they would not have been able to do by their own. Specifically, users with higher memory problems or impulsive users may be a very useful tool since the system makes them follow an strict order and, in case they got blocked, the smartphone can help them to recovery and continue.

The outdoors navigation module, AssisT-Out makes use of third party services (Google Maps, Microsoft Bing Maps and Google StreetView) to guide users in their outside walking movements. Despite of the increasing number of turn-by-turn applications and services available in the market, the cognitive load required to understand the instructions and the interface prevent them from becoming a suitable tool for people with cognitive disabilities. In response to this problem, AssisT-Out was developed to offer an adapted experience to these users' needs. To do that, AssisT-Out rephrases the instructions calculated by cartographic services in terms of atomic instructions (continue straight, turn left and turn right). This way the route can be understood as a sequence of very simple instructions. However, atomic instructions have to be complemented with additional mechanisms in order to limit their spacial/temporal validity. To resolve it, AssisT-Out proposes landmark recognition. The efficacy of this technique

to guide people with cognitive disabilities have been demonstrated in the literature. Therefore, the atomic instruction is complemented with street-level images so users may be able to recognise reference points easier. Additionally, the interface includes a progress bar that gets fill as long as the user gets closer to the reference point and route and location aware alarms (aural and haptic).

In order to validate the approach, the module was evaluated with users with cognitive disabilities and compared to a commercial application (Google Maps). To do that, every user went over two different and unknown routes. She was assisted by AssisT-Out in one route and Google Maps in the other. According to the results, AssisT-Out navigation required more time than Google Maps. This issue may be motivated by the fact that AssisT-Out is a systematic tool while Google Maps is very dynamical and require less interaction once the route is loaded. However, this factor itself does not demonstrate the validity of one tool over the other, since these times are influence by external factors such as the waiting times to cross a street. Another important factor analysed was the number of users who reached the destination and identified correctly. The statics revealed significance in this result that supported the improvement of AssisT-Out over Google Maps. From these two analysis it can be concluded that AssisT-Out can be useful tool that improves the navigational support provided by Google Maps.

Finally, AssisT-In provides assistance for indoors navigation. It shares the same basis with the rest of modules, this is, makes use of WR codes to locate the user and offers a navigational experience based on cues discovering and landmarks identification from real pictures. Besides, thanks to the graph-based model of the environment mathematical algorithms (Breadth First Search) could be used to get the shortest path between user's location and destination. Besides this route can be adapted to her needs and context, by adding or removing nodes and edges. For example, caregivers can add new edges in order to reduce the assistance provided as the user knows the environment.

The evaluation of the prototype was a proof of concept trial in which 14 users with cognitive disabilities participated. Results were very inspiring since all users reached the destination guided with AssisT-In and they did it in reasonable times, considering they were not familiar with the space where trials take part neither the mobile application. In contrast, users with lower profiles presented more troubles to find and follow the cues: However, a longer training period may solve this problem. Another issue found after the data analysis was the influence of cues' location on error rates. In some places more than one cue was visible at a time some users were confused when locating the correct one. Therefore, this issue has to be kept in mind for future deployments. In order to solve, at least partially, these problems, offer the full functionality of the system and unify interfaces, a new version of the prototype is currently being developed.

In the view of the results, AssisT can be considered as a validated assistive system that offers an integrated and unified experience and adds value to new future developments that other research groups may develop.

9.2. Future Work

From the experience, a set of future work lines can be stated:

- Scalability of the system should be tested and improved in order to support massive deployments and diffusion in application online stores (i.e. Google Play Store). This step would place the research results available for the society.
- To get to the first point, the AssisT-In module has to be completed and fully developed, unifying the interface and including a tool to allow the management of the maps in an easy way.
- The positive results of AssisT-Out evaluation lead to put some efforts into improving the prototype. In this sense, the main lines to work in are adding more proactivity and route recalculation in case of error.
- Related to the previous point, AssisT-Out should be improved to include public transportation.
- Improve the integration of the three modules by means of a unique application that let users receive the assistance they need in a certain moment.
- Although the three modules were evaluated separately, the system has not been evaluated as a whole. It would be very interesting to get the experience of people who uses the three modules in their daily lives.
- Related to this, all the evaluations take place in more or less controlled environments. Another interesting experience could be to test the tools in real and uncontrolled environments. In this sense, at the time of writing this thesis, two of the centres that participated in the evaluations are currently using AssisT-Task in their classes. Besides, a new set of trials of AssisT-Out are programmed to take place in the next weeks. This time, users will be adults with cognitive disabilities who live in shared and supervised flats.
- In future evaluations of AssisT-Task and AssisT-Out, a usability questionnaire should be included in the methodology.
- Finally, educators suggested to make a version of the applications for tablets, since these devices are very popular among their students. But, due to the

9.2. *FUTURE WORK*

physical differences between standard smartphones and tablets, the interaction changes and, therefore a further study on interface design has to be carried out. In order to reach this objective, a study comparing two interfaces, one following the standards and another one adapted to users needs, has already been done.



Bibliografía

- [1] M. Weiser, “The computer for the 21 st century,” *ACM SIGMOBILE mobile computing and communications review*, vol. 3, no. 3, pp. 3–11, 1999.
- [2] 105th Congress of the United States, “Assistive technology act of 1998.” Pub.L. 105?394, 112 Stat. 3627, S. 2432, enacted November 13, 1998., November 1998.
- [3] V. clanes de autores, *Rig-Veda*. 1700 – 1100 a.C.
- [4] M. Ritt, P. Stuart, L. Naggar, and R. Beckenbaugh, “The early history of arthroplasty of the wrist from amputation to total wrist implant,” *The Journal of Hand Surgery: Journal of the British Society for Surgery of the Hand*, vol. 19, no. 6, pp. 778–782, 1994.
- [5] V. Ilardi, “Renaissance vision from spectacles to telescopes,” in *Frontiers in Optics*, Optical Society of America, 2004.
- [6] G. Bonifacio, *L’arte de’cenni: con la quale formandosi favella visibile, si tratta della mva eloquenza, che non e’altro che vn facondo silentio*. F. Grossi, 1616.
- [7] J. Bonet, *Reduction de las letras y arte para enseñar a ablar los mudos*. por Francisco Abarca de Angulo, 1620.
- [8] L. Braille, “Method of writing words, music, and plain songs by means of dots, for use by the blind and arranged for them,” 1829.
- [9] C. Harbour and P. Maulik, “History of intellectual disability,” *International encyclopedia of rehabili-tation.*, 2010.
- [10] J. Harris, *Intellectual disability: Understanding its development, causes, classification, evaluation, and treatment*. Oxford University Press New York, 2006.

- [11] N. Kirsch, S. Levine, M. Fallon-Krueger, and L. Jaros, "Focus on clinical research: The microcomputer as an "orthotic" device for patients with cognitive deficits.," *The Journal of Head Trauma Rehabilitation*, 1987.
- [12] E. Cole, "Cognitive prosthetics: an overview to a method of treatment," *Neuro-Rehabilitation*, vol. 12, no. 1, pp. 39–51, 1999.
- [13] M. Bergman, "The essential steps cognitive orthotic," *NeuroRehabilitation*, vol. 18, no. 1, pp. 31–46, 2003.
- [14] E. LoPresti, A. Mihailidis, and N. Kirsch, "Assistive technology for cognitive rehabilitation: State of the art," *Neuropsychological Rehabilitation*, vol. 14, no. 1, pp. 5–39, 2004.
- [15] U. G. Assembly, "Convention on the rights of persons with disabilities," *GA Res*, vol. 61, p. 106, 2006.
- [16] BOE, "Ley 13/1982, de 7 de abril, de integración social de los minusválidos.," *BOE número 103 de 30/4/1982*, pp. 11106 – 11112, 1982.
- [17] A. Palacios and J. Romañach, "El modelo de diversidad: una nueva visión de la bioética desde la perspectiva de las personas con diversidad funcional (discapacidad)," *Intersticios*, vol. 2, no. 2, pp. 37–47, 2008.
- [18] O. M. de la Salud, "International classification of functioning, disability and health (ICF)," 2002.
- [19] O. M. de la Salud, "International statistical classification of diseases and related health problems (ICD)," 2010.
- [20] A. P. Association, *The Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders: DSM 5*. American Psychiatric Association, 2013.
- [21] S. Schalock, R.L.and Borthwick-Duffy, V. Bradley, W. Buntinx, D. Coulter, E. Craig, S. Gomez, Y. Lachapelle, R. Luckasson, A. Reeve, *et al.*, *Intellectual disability: Definition, classification, and systems of supports*. ERIC, 2010.
- [22] U. Neisser, G. Boodoo, T. Bouchard Jr, A. Boykin, N. Brody, S. Ceci, D. Halpern, J. Loehlin, R. Perloff, R. Sternberg, *et al.*, "Intelligence: knowns and unknowns.," *American psychologist*, vol. 51, no. 2, p. 77, 1996.
- [23] U. Bronfenbrenner, *The ecology of human development: Experiments by nature and design*. Harvard university press, 1979.
- [24] J. González-Pérez, *Discapacidad intelectual: concepto, evaluación e intervención psicopedagógica*. Editorial CCS, 2003.
- [25] J. Piaget, *Behaviour and evolution*. Pantheon Books, New York, 1978.

- [26] C. Hale and J. Borkowski, "Attention, memory and cognition," in *Handbook Of Mental Retardation*, pp. 505–528, 1991.
- [27] C. de Referencia Estatal de Atención al Daño Cerebral, "Visto online (enero 2015):
http://www.ceadac.es/ceadac_01/auxiliares/dano_cerebral/index.htm#ancla1."
- [28] I. M. Sociales, "Modelo de atención a las personas con daño cerebral," 2007.
- [29] C. Jones, "Glasgow coma scale," *AJN The American Journal of Nursing*, vol. 79, no. 9, p. 1551, 1979.
- [30] D. Patterson, "Molecular genetic analysis of down syndrome," *Human genetics*, vol. 126, no. 1, pp. 195–214, 2009.
- [31] R. de Burgos, M. Barrios, R. Engo, A. García, E. Gay, T. Guijarro, A. Romero, Y. Sanz, and V. Sánchez, *Trastorno por déficit de atención con hiperactividad. Guía para padres y educadores*. Editorial Glosa, 2009.
- [32] G. Montero, "¿qué son los tea? ¿cuáles son las causas? ¿cuáles son los síntomas, prevalencia, manifestaciones del autismo? ¿a qué señales deben de estar atentos los padres?," in *III Jornada Sanidad – Autismo: "El autismo te habla: sigue las señales"*, 2012.
- [33] C. Lord, E. Cook, B. Leventhal, and D. Amaral, "Autism spectrum disorders," *Autism: The Science of Mental Health*, vol. 28, p. 217, 2013.
- [34] I. M. Fernández, R. G. Ramos, P. C. Caro, C. A. Peñarrubia, C. F. ODonnell, and M. C. Pomares, "Neurología y síndrome de down. desarrollo y atención temprana," *Revista Española de pediatría*, vol. 68, no. 6, p. 408, 2012.
- [35] J. Lazar, L. Kumin, and J. Feng, "Understanding the computer skills of adult expert users with down syndrome: an exploratory study," in *The proceedings of the 13th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility, ASSETS '11*, pp. 51–58, 2011.
- [36] J. Taylor and R. M. Hodapp, "Doing nothing: Adults with disabilities with no daily activities and their siblings," *American journal on intellectual and developmental disabilities*, vol. 117, no. 1, pp. 67–79, 2012.
- [37] BOE, "Real decreto legislativo 1/2013, de 29 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la ley general de derechos de las personas con discapacidad y de su inclusión social.," *BOE número 289 de 3/12/2013*, pp. 95635 – 95673, 2013.
- [38] S. Carmien, R. DePaula, A. Gorman, and A. Kintsch, "Increasing workplace independence for people with cognitive disabilities by leveraging distributed cognition among caregivers and clients," *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, vol. 13, no. 5, pp. 443–470, 2004.

- [39] N. I. on Disability and R. Research, “National classification system for assistive technology devices and services,” 2000.
- [40] I. S. Organization, “Iso9999: Assistive products for persons with disability – classification and terminology,” 2011.
- [41] S. Bauer, L. Elsaesser, and S. Arthanat, “Assistive technology device classification based upon the world health organization’s, international classification of functioning, disability and health (icf),” *Disability & Rehabilitation: Assistive Technology*, vol. 6, no. 3, pp. 243–259, 2011.
- [42] K. Tsui and H. Yanco, “Prompting devices: A survey of memory aids for task sequencing,” in *QoLT International Symposium: Intelligent Systems for Better Living*, 2010.
- [43] J. Boger and A. Mihailidis, “The future of intelligent assistive technologies for cognition: Devices under development to support independent living and aging-with-choice,” *NeuroRehabilitation*, vol. 28, no. 3, pp. 271–280, 2011.
- [44] D. Maor, J. Currie, and R. Drewry, “The effectiveness of assistive technologies for children with special needs: a review of research-based studies,” *European Journal of Special Needs Education*, vol. 26, no. 3, pp. 283–298, 2011.
- [45] A. Gillespie, C. Best, and B. O’Neill, “Cognitive function and assistive technology for cognition: A systematic review,” *Journal of the International Neuropsychological Society*, vol. 18, no. 1, p. 1, 2011.
- [46] D. M. Kagohara, L. van der Meer, S. Ramdoss, M. F. O’Reilly, G. E. Lancioni, T. N. Davis, M. Rispoli, R. Lang, P. B. Marschik, D. Sutherland, *et al.*, “Using ipods[®] and ipads[®] in teaching programs for individuals with developmental disabilities: A systematic review,” *Research in developmental disabilities*, vol. 34, no. 1, pp. 147–156, 2013.
- [47] G. E. Lancioni and N. N. Singh, *Assistive Technologies for People with Diverse Abilities*. Springer, 2014.
- [48] G. E. Lancioni, N. N. Singh, M. F. O’Reilly, J. Sigafoos, and D. Oliva, “Assistive technology for people with severe/profound intellectual and multiple disabilities,” in *Assistive Technologies for People with Diverse Abilities*, pp. 277–313, Springer, 2014.
- [49] J. Bauchet, S. Giroux, H. Pigot, D. Lussier-Desrochers, Y. Lachapelle, *et al.*, “Pervasive assistance in smart homes for people with intellectual disabilities: a case study on meal preparation,” *International journal of assistive robotics and mechatronics*, vol. 9, no. 4, pp. 42–54, 2008.

- [50] F. Arab, A. Giroux, J. Bauchet, S. Giroux, and H. Pigot, “Design and assessment of enabling environments for cooking activities,” in *Proceedings of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing: Adjunct Publication*, pp. 517–526, ACM, 2014.
- [51] S. Carmien, “Task support for people with cognitive impairments and their caregivers,” *American Journal of Occupational Therapy*, vol. 14, no. 3, pp. 1–4, 2004.
- [52] C. Peters, T. Hermann, S. Wachsmuth, and J. Hoey, “Automatic task assistance for people with cognitive disabilities in brushing teeth—a user study with the tebra system,” *ACM Transactions on Accessible Computing (TACCESS)*, vol. 5, no. 4, p. 10, 2014.
- [53] D. Tost, S. Grau, M. Ferré, P. García, J. Tormos, A. Garcia, and T. Roig, “PRE-VIRNEC: A cognitive telerehabilitation system based on Virtual Environments,” in *Virtual Rehabilitation International Conference, 2009*, pp. 87–93, IEEE, 2009.
- [54] C. Kirner and T. Kirner, “Development of an interactive artifact for cognitive rehabilitation based on augmented reality,” in *Virtual Rehabilitation (ICVR), 2011 International Conference on*, pp. 1–7, IEEE, 2011.
- [55] Á. Fernández-López, M. J. Rodríguez-Fórtiz, M. L. Rodríguez-Almendros, and M. J. Martínez-Segura, “Mobile learning technology based on ios devices to support students with special education needs,” *Computers & Education*, vol. 61, pp. 77–90, 2013.
- [56] L. Chmiliar and C. Anton, “The ipad as a mobile learning tool for post-secondary students with disabilities,” in *Computers Helping People with Special Needs*, pp. 597–600, Springer, 2014.
- [57] A. McIntyre, *Participatory action research*, vol. 52. Sage, 2008.
- [58] A. Mihailidis, S. Blunsden, J. Boger, B. Richards, K. Zutis, L. Young, and J. Hoey, “Towards the development of a technology for art therapy and dementia: Definition of needs and design constraints,” *The Arts in Psychotherapy*, vol. 37, no. 4, pp. 293–300, 2010.
- [59] P. Milgram and F. Kishino, “A taxonomy of mixed reality visual displays,” *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, vol. 77, no. 12, pp. 1321–1329, 1994.
- [60] Y.-J. Chang, Y.-S. Kang, and P.-C. Huang, “An augmented reality (ar)-based vocational task prompting system for people with cognitive impairments,” *Research in developmental disabilities*, vol. 34, no. 10, pp. 3049–3056, 2013.
- [61] Y.-J. Chang, L.-D. Chou, F. T.-Y. Wang, and S.-F. Chen, “A kinect-based vocational task prompting system for individuals with cognitive impairments,” *Personal and ubiquitous computing*, vol. 17, no. 2, pp. 351–358, 2013.

- [62] K. A. Smith, S. B. Shepley, J. L. Alexander, A. Davis, and K. M. Ayres, "Self-instruction using mobile technology to learn functional skills," *Research in Autism Spectrum Disorders*, vol. 11, pp. 93–100, 2015.
- [63] T. Gentry, S. Lau, A. Molinelli, A. Fallen, and R. Kriner, "The apple ipod touch as a vocational support aid for adults with autism: Three case studies," *Journal of Vocational Rehabilitation*, vol. 37, no. 2, pp. 75–85, 2012.
- [64] N. Fallah, I. Apostolopoulos, K. Bekris, and E. Folmer, "Indoor human navigation systems: A survey," *Interacting with Computers*, vol. 25, no. 1, pp. 21–33, 2013.
- [65] E. Foulke, "Perception, cognition and the mobility of blind pedestrians," *Spatial abilities: Development and physiological foundations*, pp. 55–76, 1982.
- [66] K. Lynch, *The image of the city*, vol. 11. MIT press, 1960.
- [67] D. Montello and C. Sas, "Human factors of wayfinding in navigation," 2006.
- [68] J. M. Loomis, R. L. Klatzky, R. G. Golledge, and J. W. Philbeck, "Human navigation by path integration," *Wayfinding behavior: Cognitive mapping and other spatial processes*, pp. 125–151, 1999.
- [69] C. J. Ziemer, J. M. Plumert, J. F. Cremer, and J. K. Kearney, "Estimating distance in real and virtual environments: Does order make a difference?," *Attention, Perception, & Psychophysics*, vol. 71, no. 5, pp. 1095–1106, 2009.
- [70] Y. Malinovskiy and Y. Wang, "Pedestrian travel pattern discovery using mobile bluetooth sensors," in *Transportation Research Board 91st Annual Meeting. Transportation Research Board, Washington DC*, 2012.
- [71] H. Mengue-Topio, Y. Courbois, E. K. Farran, and P. Sockeel, "Route learning and shortcut performance in adults with intellectual disability: a study with virtual environments," *Research in developmental disabilities*, vol. 32, no. 1, pp. 345–352, 2011.
- [72] S. E. Stock, D. K. Davies, M. L. Wehmeyer, and Y. Lachapelle, "Emerging new practices in technology to support independent community access for people with intellectual and cognitive disabilities," *NeuroRehabilitation*, vol. 28, no. 3, pp. 261–269, 2011.
- [73] R. Hervás, J. Bravo, and J. Fontecha, "An assistive navigation system based on augmented reality and context awareness for people with mild cognitive impairments," 2014.
- [74] H. Holone, G. Misund, and H. Holmstedt, "Users are doing it for themselves: Pedestrian navigation with user generated content," in *Next Generation Mobile Applications, Services and Technologies, 2007. NGMAST'07. The 2007 International Conference on*, pp. 91–99, IEEE, 2007.

- [75] A. G. García de Marina, R. M. Carro, and P. Haya, “Where should i go?: guiding users with cognitive limitations through mobile devices outdoors,” in *Proceedings of the 13th International Conference on Interacción Persona-Ordenador*, p. 46, ACM, 2012.
- [76] A. Liu, H. Hile, G. Borriello, P. Brown, M. Harniss, H. Kautz, and K. Johnson, “Customizing directions in an automated wayfinding system for individuals with cognitive impairment,” in *Proceedings of the 11th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility*, pp. 27–34, ACM, 2009.
- [77] K. Rehrl, E. Häusler, and S. Leitinger, “Comparing the effectiveness of gps-enhanced voice guidance for pedestrians with metric-and landmark-based instruction sets,” *Geographic Information Science*, pp. 189–203, 2010.
- [78] S. J. Barbeau, P. L. Winters, N. L. Georggi, M. A. Labrador, and R. Perez, “Travel assistance device: utilising global positioning system-enabled mobile phones to aid transit riders with special needs,” *Intelligent Transport Systems, IET*, vol. 4, no. 1, pp. 12–23, 2010.
- [79] T. H. Riehle, S. M. Anderson, P. A. Lichter, W. E. Whalen, and N. A. Giudice, “Indoor inertial waypoint navigation for the blind,” in *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2013 35th Annual International Conference of the IEEE*, pp. 5187–5190, IEEE, 2013.
- [80] Y.-J. Chang, S.-M. Peng, T.-Y. Wang, S.-F. Chen, Y.-R. Chen, and H.-C. Chen, “Autonomous indoor wayfinding for individuals with cognitive impairments,” *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, vol. 7, no. 1, p. 45, 2010.
- [81] S.-K. Tsai, “Wader: a novel wayfinding system with deviation recovery for individuals with cognitive impairments,” in *Proceedings of the 9th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility*, pp. 267–268, ACM, 2007.
- [82] D. Jain, “Path-guided indoor navigation for the visually impaired using minimal building retrofitting,” in *Proceedings of the 16th international ACM SIGACCESS conference on Computers & accessibility*, pp. 225–232, ACM, 2014.
- [83] A. W. S. Au, C. Feng, S. Valaee, S. Reyes, S. Sorour, S. N. Markowitz, D. Gold, K. Gordon, and M. Eizenman, “Indoor tracking and navigation using received signal strength and compressive sensing on a mobile device,” *Mobile Computing, IEEE Transactions on*, vol. 12, no. 10, pp. 2050–2062, 2013.
- [84] A. Möller, M. Kranz, R. Huitl, S. Diewald, and L. Roalter, “A mobile indoor navigation system interface adapted to vision-based localization,” in *Proceedings of the 11th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia*, p. 4, ACM, 2012.

- [85] A. Möller, M. Kranz, S. Diewald, L. Roalter, R. Huitl, T. Stockinger, M. Koelle, and P. A. Lindemann, “Experimental evaluation of user interfaces for visual indoor navigation,” in *Proceedings of the 32nd annual ACM conference on Human factors in computing systems*, pp. 3607–3616, ACM, 2014.
- [86] R. Anacleto, L. Figueiredo, P. Novais, and A. Almeida, “Providing location everywhere,” in *Progress in Artificial Intelligence*, pp. 15–28, Springer, 2011.
- [87] M. Bessho, S. Kobayashi, N. Koshizuka, and K. Sakamura, “Assisting mobility of the disabled using space-identifying ubiquitous infrastructure,” in *Proceedings of the 10th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility*, pp. 283–284, ACM, 2008.
- [88] M. Rodriguez-Sanchez, J. Martinez-Romo, S. Borromeo, and J. Hernandez-Tamames, “Gat: Platform for automatic context-aware mobile services for m-tourism,” *Expert Systems with Applications*, vol. 40, no. 10, pp. 4154–4163, 2013.
- [89] M. Rodriguez-Sanchez, M. Moreno-Alvarez, E. Martin, S. Borromeo, and J. Hernandez-Tamames, “Accessible smartphones for blind users: A case study for a wayfinding system,” *Expert Systems with Applications*, vol. 41, no. 16, pp. 7210–7222, 2014.
- [90] A. Seelye, M. Schmitter-Edgecombe, B. Das, and D. Cook, “Application of cognitive rehabilitation theory to the development of smart prompting technologies,” *Biomedical Engineering, IEEE Reviews in*, vol. 99, 2011.
- [91] W. Waters and S. Winter, “A wayfinding aid to increase navigator independence,” *Journal of Spatial Information Science*, no. 3, pp. 103–122, 2014.
- [92] S. Carmien, “Socio-technical environments and assistive technology abandonment,” 2010.
- [93] M. Dawe, “Desperately seeking simplicity: how young adults with cognitive disabilities and their families adopt assistive technologies,” in *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing systems*, pp. 1143–1152, ACM, 2006.
- [94] B. Phillips and H. Zhao, “Predictors of assistive technology abandonment,” *Assistive Technology*, vol. 5, no. 1, pp. 36–45, 1993.
- [95] A. M. Cook and J. M. Polgar, *Assistive technologies: Principles and practice*. Elsevier Health Sciences, 2014.
- [96] M. G. Friedman and D. N. Bryen, “Web accessibility design recommendations for people with cognitive disabilities,” *Technology and Disability*, vol. 19, no. 4, pp. 205–212, 2007.
- [97] S. Carmien, “Maps: Dynamic scaffolding for independence for persons with cognitive impairments,” *User Modeling 2003*, pp. 147–147, 2003.

- [98] A. Boisvert, L. Paquette, H. Pigot, and S. Giroux, “Design challenges for mobile assistive technologies applied to people with cognitive impairments,” *Ambient Assistive Health and Wellness Management in the Heart of the City*, pp. 17–24, 2009.
- [99] H. Pigot, J. Savary, J. Metzger, A. Rochon, and M. Beaulieu, “Advanced technology guidelines to fulfill the needs of the cognitively impaired population,” in *Proceedings of the 3rd International Conference on Smart Homes and Health Telematics*, pp. 25–32, 2005.
- [100] S. Carmien, “End user programming and context responsiveness in handheld prompting systems for persons with cognitive disabilities and caregivers,” in *CHI’05 extended abstracts on Human factors in computing systems*, pp. 1252–1255, ACM, 2005.
- [101] E. LoPresti, C. Bodine, and C. Lewis, “Assistive technology for cognition [understanding the needs of persons with disabilities],” *Engineering in Medicine and Biology Magazine, IEEE*, vol. 27, no. 2, pp. 29–39, 2008.
- [102] S. Kujala, “User involvement: a review of the benefits and challenges,” *Behaviour & information technology*, vol. 22, no. 1, pp. 1–16, 2003.
- [103] J. Gómez, G. Montoro, P. A. Haya, X. Alamán, S. Alves, M. Martínez, E. Pascual, O. Robles, and C. González, “aqrcode: assessing how ubiquitous computing can help people with acquired brain injury in their rehabilitation process,” in *5th Symposium of Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence (UCAmI)*, 2011.
- [104] I. S. Reed and G. Solomon, “Polynomial codes over certain finite fields,” *Journal of the Society for Industrial & Applied Mathematics*, vol. 8, no. 2, pp. 300–304, 1960.
- [105] R. Englemore and T. Morgan, *Blackboard systems*. Addison–Wesley Reading, MA, 1988.
- [106] J. Gómez, G. Montoro, P. A. Haya, M. García-Herranz, and X. Alamán, “Easing the integration and communication in ambient intelligence,” *International Journal of Ambient Computing and Intelligence*, vol. 1, no. 3, pp. 53–65, 2009.
- [107] J. Gómez, G. Montoro, P. A. Haya, M. García-Herranz, and X. Alamán, “Distributed schema-based middleware for ambient intelligence environments,” in *Ubiquitous Developments in Ambient Computing and Intelligence: Human-Centered Applications* (K. Curran, ed.), ch. 20, pp. 205–218, Igi – Global, 2011.
- [108] I. S. Organization, “Iso9241–210: Ergonomics of human-system interaction – part 210: Human-centred design for interactive systems,” 2010.
- [109] J. L. Vidal, J. A. González, and A. I. P. Ordenador, *La interacción persona-ordenador*. AIPO, 2001.

- [110] C. Lewis, *Using the "thinking-aloud" method in cognitive interface design*. IBM TJ Watson Research Center, 1982.
- [111] G. E. Box, J. S. Hunter, and W. G. Hunter, *Statistics for experimenters: design, innovation, and discovery*. John Wiley, 2005.
- [112] R. E. Kirk, *Experimental design*. Wiley Online Library, 1982.
- [113] BOE, "Real decreto 1971/1999, de 23 de diciembre, de procedimiento para el reconocimiento, declaración y calificación del grado de discapacidad.," BOE número 22 de 26/1/2000, pp. 3317 – 3410, 1999.
- [114] A. Lepistö and S. Ovaska, "Usability evaluation involving participants with cognitive disabilities," in *Proceedings of the third Nordic conference on Human-computer interaction*, pp. 305–308, ACM, 2004.
- [115] "Global positioning system standard positioning service performance standard," tech. rep., Departamento de Defensa. Gobierno de Estados Unidos, 2008.
- [116] S. Fickas, M. Sohlberg, and P.-F. Hung, "Route-following assistance for travelers with cognitive impairments: A comparison of four prompt modes," *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 66, no. 12, pp. 876–888, 2008.
- [117] M. Rispoli, W. Machalicek, and R. Lang, "Assistive technology for people with acquired brain injury," in *Assistive Technologies for People with Diverse Abilities*, pp. 21–52, Springer, 2014.
- [118] J. F. Kelley, "An empirical methodology for writing user-friendly natural language computer applications," in *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 193–196, ACM, 1983.
- [119] M. Hegarty, A. E. Richardson, D. R. Montello, K. Lovelace, and I. Subbiah, "Development of a self-report measure of environmental spatial ability," *Intelligence*, vol. 30, no. 5, pp. 425–447, 2002.
- [120] K. A. Turano, B. Munoz, S. E. Hassan, D. D. Duncan, E. W. Gower, K. B. Roche, L. Keay, C. A. Munro, and S. K. West, "Poor sense of direction is associated with constricted driving space in older drivers," *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, vol. 64, no. 3, pp. 348–355, 2009.
- [121] A. M. Lund, "Measuring usability with the use questionnaire," *Usability interface*, vol. 8, no. 2, pp. 3–6, 2001.
- [122] A. W. Siegel and S. H. White, "The development of spatial representations of large-scale environments.," *Advances in child development and behavior*, vol. 10, p. 9, 1975.
- [123] K.-F. Richter and M. Duckham, "Simplest instructions: Finding easy-to-describe routes for navigation," *Geographic Information Science*, pp. 274–289, 2008.

- [124] R. Schroeder and A.-S. Axelsson, *Avatars at work and play: Collaboration and interaction in shared virtual environments*, vol. 34. Springer Science & Business Media, 2006.
- [125] J. Brooke, “Sus-a quick and dirty usability scale,” *Usability evaluation in industry*, vol. 189, no. 194, pp. 4–7, 1996.
- [126] X. Alamán, F. J. Ballesteros, Z. Callejas, J. Gómez, E. Martín, S. de Miguel, and A. Ortigosa, “Adapting social and intelligent environments to support people with special needs,” in *Proceedings of the 4th international conference on Ambient Assisted Living and Home Care*, pp. 304–311, Springer-Verlag, 2012.
- [127] J. Gómez, , G. Montoro, and J. C. Torrado, “Accessible design of tablet applications for people with cognitive disabilities,” *Human–Computer Interaction*, 2015. En revision.
- [128] S. Alves, M. Martínez, E. Pascual, P. A. Haya, G. Montoro, J. Gómez, and C. González, “Programa aqrdate aplicado en rehabilitación en actividades de la vida diaria en pacientes con dca,” in *International Technology Robotics Applications (INTERA)*, 2011.
- [129] S. Alves, M. Martínez, E. Pascual, J. Gómez, G. Montoro, P. A. Haya, and C. González, “aqrdate program applied to daily life activities for patients with brain damage,” in *AEgis 2nd International Conference “Accessibility Reaching Everywhere”*, 2011.
- [130] J. Gómez, X. Alamán, G. Montoro, J. C. Torrado, and A. Plaza, “Amicog – tecnologías móviles para la asistencia global a personas con discapacidad cognitiva en el entorno laboral,” in *International Symposium on Artificial Intelligence and Assistive Technology*, pp. 31–40, Rebate, C.; Fernández, A.; Bajo, J.; Corchado, J.M, 2013.
- [131] J. Gómez, G. Montoro, P. A. Haya, X. Alamán, S. Alves, and M. Martínez, “Adaptive manuals as assistive technology to support and train people with acquired brain injury in their daily life activities,” *Personal and ubiquitous computing*, vol. 17, no. 6, pp. 1117–1126, 2013.
- [132] J. Gómez, X. Alamán, G. Montoro, J. C. Torrado, and A. Plaza, “Amicog – mobile technologies to assist people with cognitive disabilities in the work place,” *Advances in Distributed Computing and Artificial Intelligence Journal*, vol. 2, no. 7, pp. 9–17, 2014.
- [133] J. Gómez and T. Ojala, “A mobile navigation system based on visual cues for pedestrians with cognitive disabilities,” in *In: Theng LB (ed.) Assistive Technologies for Physical and Cognitive Disabilities*, IGI Global, 2014.

- [134] J. Gomez and G. Montoro, “Design considerations and evaluation methodology for adapted navigational assistants for people with cognitive disabilities,” in *8th International Conference on Health Informatics (HEALTHINF)*, pp. 344–352, Christine Verdier, Marta Bienkiewicz, Ana Fred, Hugo Gamboa and Dirk Elias, 2015.
- [135] X. Alamán, R. M. Carro, I. D. Claros, R. Cobos, L. Echeverría, M. García Herranz, J. Gómez, E. Guerra, P. A. Haya, J. De Lara, *et al.*, “Ghia (grupo de herramientas interactivas avanzadas), uam.,” *Informática Educativa Comunicaciones*, no. 15, pp. 57 – 66, 2012.
- [136] X. Alamán, R. M. Carro, I. Claros, R. Cobos, L. Echeverría, J. Gomez, P. Haya, F. Jurado, G. Montoro, J. Moreno-Llorena, *et al.*, “Exploring on e-learning enhancement by mean of advanced interactive tools: The ghia (group of advanced interactive tools) proposals,” in *Frontiers in Education Conference*, pp. 399–402, 2014.



A Material adicional

A.1. Perfiles de los usuarios

A.1.1. AssisT – Task: valoración de capacidades de los participantes

GRUPO	USUARIO	GÉNERO	EDAD	COGNITIVO				HH.SS.			MANIPUL.			ACT.		PERFIL LABORAL	% DISCAPACIDAD
				Atención	Memoria	Instrucciones	Flexibilidad	Básicas	Interacción	Resolutivas	Motricidad	Ritmo	Orden Limpieza	Responsabilidad	Motivación		
A	U_1	M	22	3	3	3 C	3	3	3	3	3	3	3	3	3	Auxiliar de oficina complejo con cara al público	55
A	U_2	F	37	3	3	2 S	1	3	2	1	2	2	3	3	2	Auxiliar de oficina sencillo	68
A	U_3	F	25	1	2	1 S	1	1	2	2	3	3	2	2	2	Auxiliar de oficina/educativo sencillo	75
A	U_4	M	27	3	3	3 C	2	2	3	3	3	3	1	3	3	Auxiliar de oficina complejo	65
A	U_5	M	21	2	2	2 C	3	3	3	3	3	2	3	2	2	Auxiliar de oficina con cara al público	33
B	U_6	F	21	3	3	3 S	2	2	2	3	3	2	3	3	3	Auxiliar de oficina	75
B	U_7	M	21	3	3	3 S	3	3	3	2	1	2	2	3	3	Mozo de almacén	65
B	U_8	M	22	3	3	3 C	1	3	3	3	3	3	3	3	3	Todos	53
B	U_9	F	22	2	3	2 S	1	3	3	2	3	2	3	3	3	Auxiliar de oficina sencillo	65
B	U_{10}	F	23	2	3	3 S	3	3	3	3	3	2	3	3	3	Auxiliar de oficina sin cara al público	65

Tabla A.1. Valoración de las capacidades de los participantes en la evaluación de AssisT – Task. Los valores posibles son 1, 2 o 3, siendo 1 el nivel más alto y 3 el más bajo, pudiendo ir acompañados de una S (simples) o una C (complejas)

A.1.2. AssisT – Task: hábitos de uso de las tecnologías

USUARIO	TIENES...		INTERNET		USO DEL TELÉFONO												
	<i>Móvil</i>	<i>Tablet</i>	<i>Casa</i>	<i>Móvil</i>	<i>Uso</i>	<i>Llamar</i>	<i>SMS</i>	<i>M.I.</i>	<i>Fotos</i>	<i>Música</i>	<i>Videos</i>	<i>e-mail</i>	<i>RRSS</i>	<i>Buscar</i>	<i>Jugar</i>	<i>Mapas</i>	<i>Transp.</i>
U_1	Sí*	No	Sí	Sí	4	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✓	✓
U_2	Sí*	No	Sí	No	4	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗
U_3	Sí*	Sí	Sí	Sí	5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
U_4	Sí	No	Sí	No	5	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✓	✓
U_5	Sí*	No	Sí	No	3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓
U_6	Sí	Sí	Sí	No	3	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗
U_7	Sí	Sí	Sí	Sí	4	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓
U_8	Sí*	Sí	Sí	No	5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗
U_9	Sí*	Sí	Sí	Sí	5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓
U_{10}	Sí	No	Sí	No	3	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗
U_{11}	Sí*	No	Sí	No	0	✓	✗	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓
U_{12}	Sí*	No	Sí	Sí	5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✓
U_{13}	Sí*	Sí	Sí	Sí	5	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓
U_{14}	Sí*	No	Sí	Sí	5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗
U_{15}	Sí*	Sí	Sí	Sí	5	✗	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✓
U_{16}	Sí	Sí	Sí	No	5	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
U_{17}	Sí*	Sí	Sí	Sí	5	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗
U_{18}	Sí	No	Sí	No	3	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗
U_{19}	Sí	No	No	Sí	3	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗
U_{20}	Sí	Sí	Sí	Sí	5	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✗
U_{21}	Sí	No	Sí	No	5	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗

Tabla A.2. Hábitos de uso de los usuarios con las tecnologías móviles e Internet. * Indica que el teléfono se ha reconocido como *smartphone*. Rangos numéricos: 0 (“Nada”) – 5 (“Mucho, a diario”).

USUARIO	USO DE LA TABLET									E-MAIL		REDES SOCIALES				INTERNET	
	<i>Uso</i>	<i>Jugar</i>	<i>Fotos</i>	<i>Música</i>	<i>Videos</i>	<i>e-mail</i>	<i>RRSS</i>	<i>Buscar</i>	<i>Trabajos</i>	<i>Tienes</i>	<i>Uso</i>	<i>Facebook</i>	<i>Tuenti</i>	<i>Twitter</i>	<i>Uso</i>	<i>Videos</i>	<i>Buscar</i>
U_1	0	X	X	X	X	X	X	X	X	Sí	2	✓	✓	X	3	Sí	Sí
U_2	0	X	X	X	X	X	X	X	X	Sí	5	✓	✓	X	5	Sí	Sí
U_3	5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Sí	5	✓	✓	X	5	Sí	Sí
U_4	0	X	X	X	X	X	X	X	X	No	0	✓	✓	✓	5	Sí	Sí
U_5	0	X	X	X	X	X	X	X	X	Sí	4	✓	✓	✓	3	Sí	Sí
U_6	3	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Sí	3	✓	X	X	3	Sí	Sí
U_7	5	✓	✓	X	✓	X	X	✓	X	Sí	5	✓	X	X	3	Sí	Sí
U_8	5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Sí	3	✓	X	X	5	Sí	Sí
U_9	5	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Sí	5	✓	X	X	4	Sí	Sí
U_{10}	0	X	X	X	X	X	X	X	X	Sí	5	✓	X	X	3	Sí	Sí
U_{11}	0	X	X	X	X	X	X	X	X	Sí	5	✓	✓	✓	5	Sí	Sí
U_{12}	0	X	X	X	X	X	X	X	X	No	0	X	X	X	5	Sí	Sí
U_{13}	0	X	X	X	X	X	X	X	X	No	0	X	X	X	1	No	Sí
U_{14}	0	X	X	X	X	X	X	X	X	Sí	1	X	X	X	0	Sí	Sí
U_{15}	5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	Sí	4	✓	✓	✓	5	Sí	Sí
U_{16}	5	✓	X	X	X	✓	✓	X	X	Sí	5	✓	✓	X	5	Sí	Sí
U_{17}	5	✓	X	X	✓	X	X	✓	X	Sí	5	✓	X	✓	5	Sí	Sí
U_{18}	0	X	X	X	X	X	X	X	X	Sí	2	X	✓	X	0	Sí	Sí
U_{19}	0	X	X	X	X	X	X	X	X	Sí	0	✓	X	X	0	No	Sí
U_{20}	4	✓	✓	X	X	X	X	✓	X	Sí	4	✓	X	X	4	Sí	Sí
U_{21}	0	✓	✓	X	X	X	X	✓	X	Sí	4	X	X	X	0	Sí	Sí

Tabla A.2. (*cont.*) Hábitos de uso de los usuarios con las tecnologías móviles e Internet. * Indica que el teléfono se ha reconocido como *smartphone*. Los valores numéricos se encuentran en el rango 0 – 5, siendo 0 “Nada” y 5 “Mucho, a diario”.

A.1.3. AssisT – Out: perfil de los usuarios de la prueba de concepto

	USUARIO 1	USUARIO 2
<i>Datos demográficos</i>		
Edad	21	18
Género	Masculino	Masculino
Nacionalidad	Finlandés	Finlandés
Grado de discapacidad	Moderada – Grave	Moderada – Grave
<i>Hábitos en los desplazamientos</i>		
¿Te desplazas a sitios a tu alrededor tú sólo?	Sí	No
¿Utilizas el transporte público tú sólo?	Sí	No
¿Vas al colegio/centro de día/trabajo tú sólo?	No	No (taxi)
¿Cómo sueles ir a sitios nuevos?	Acompañado Taxi	Acompañado Taxi
<i>Hábitos de uso de la tecnología</i>		
¿Usas Internet en el ordenador?	Sí	Sí
¿Qué tipo de tareas haces?	Ver vídeos	Ver vídeos
¿Tienes teléfono móvil?	Sí	Sí
¿Es un <i>smartphone</i> ?	No	No
¿Tiene conexión a Internet?	No	No
¿Para qué lo usas?	Llamadas	Llamadas Música
<i>Auto-percepción en tareas de navegación</i>		
Puntuación del test SBSODS	65	52

Tabla A.3. Perfiles de los usuarios participantes en la prueba de concepto de AssisT – Out.

A.1.4. AssisT – Out: valoración de capacidades de los participantes

USUARIO	GÉNERO	EDAD	COGNITIVO				HH.SS.			MANIPUL.			ACT.		PERFIL LABORAL	% DISCAPACIDAD
			Atención	Memoria	Instrucciones	Flexibilidad	Básicas	Interacción	Resolutivas	Motricidad	Ritmo	Orden Limpieza	Responsabilidad	Motivación		
U_1	M	22	3	3	3 C	3	3	3	3	3	3	3	3	3	Auxiliar de oficina complejo con cara al público	55
U_2	F	37	3	3	2 S	1	3	2	1	2	2	3	3	2	Auxiliar de oficina sencillo	68
U_3	F	25	1	2	1 S	1	1	2	2	3	3	2	2	2	Auxiliar de oficina/educativo sencillo	75
U_4	M	27	3	3	3 C	2	2	3	3	3	3	1	3	3	Auxiliar de oficina complejo	65
U_5	M	21	2	2	2 C	3	3	3	3	3	2	3	2	2	Auxiliar de oficina con cara al público	33
U_6	F	21	3	3	3 S	2	2	2	3	3	2	3	3	3	Auxiliar de oficina	75
U_8	M	22	3	3	3 C	1	3	3	3	3	3	3	3	3	Todos	53
U_9	F	22	2	3	2 S	1	3	3	2	3	2	3	3	3	Auxiliar de oficina sencillo	65
U_{10}	F	23	2	3	3 S	3	3	3	3	3	2	3	3	3	Auxiliar de oficina sin cara al público	65
U_{11}	M	24	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	Auxiliar de oficina sencillo	ND
U_{12}	F	22	2	2	3	3	2	3	2	3	3	3	2	3	Auxiliar oficina.	ND
U_{14}	M	22	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	Auxiliar de oficina/reponedor	ND
U_{15}	F	23	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	Tecnológico	ND
U_{16}	M	24	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	Auxiliar de oficina	ND
U_{17}	F	22	3	3	3	3	3	1	2	3	3	3	3	2	Auxiliar oficina	ND
U_{18}	F	23	2	2	2s	2	2	1	2	2	2	2	2	2	Auxiliar de oficina sencillo	ND
U_{19}	F	25	3	3	3s	2	3	2	3	2	2	2	3	2	Auxiliar de oficina sencillo	ND
U_{20}	F	22	2	2	2	1	3	1	2	2	2	2	2	2	Auxiliar de oficina	ND

Tabla A.4. Valoración de las capacidades de los participantes en la evaluación de AssisT – Out. Los valores posibles son 1, 2 o 3 y S (simples) o una C (complejas).

A.1.5. AssisT – In: valoración de los participantes

USUARIO	GÉNERO	EDAD	% DISCAPACIDAD	GRADO DEP	N. CURRICULAR	TIPO DE DISCAPACIDAD
U_1	H	19	67 %		2do Primaria	DI Leve – Moderada. TEA
U_2	M	17	68 %		3ro Primaria	D.I. Leve – Moderada
U_3	M	20	65 %	II	2do Primaria	D.I. Moderada
U_4	M	18	65 %	III	E.I. 5 Años	D.I. Moderada
U_5	H	17	68 %	III	1ro Primaria	D.I. Moderada. TEA
U_6	H	20	65 %	I	2do Primaria	D.I. Leve – Moderada. E.M.
U_7	H	17	65 %		E.I. 5 Años	D.I. Moderada – Grave
U_8	H	17	60 %	II	2do Primaria	D.I. Moderada
U_9	M	19	51 %	II	1ro Primaria	D.I. Moderada
U_{10}	H	20	75 %	II	E.I. 3 – 4 Años	D.I. Moderada – Grave
U_{11}	H	18	40 %		E.I. 5 Años	D.I. Moderada
U_{12}	H	17	49 %	III	1ro Primaria	D.I. Moderada
U_{13}	H	18	48 %		E.I. 5 Años	D.I. Moderada
U_{14}	M	18	40 %		3ro Primaria	D.I. Leve

Tabla A.5. Valoración de los participantes en la evaluación de AssisT – In

A.1.6. AssisT – In: hábitos de uso de las tecnologías

USUARIO	TIENES...		INTERNET		USO DEL TELÉFONO												
	<i>Móvil</i>	<i>Tablet</i>	<i>Casa</i>	<i>Móvil</i>	<i>Uso</i>	<i>Llamar</i>	<i>SMS</i>	<i>M.I.</i>	<i>Fotos</i>	<i>Música</i>	<i>Videos</i>	<i>e-mail</i>	<i>RRSS</i>	<i>Buscar</i>	<i>Jugar</i>	<i>Mapas</i>	<i>Transp.</i>
U_1	No	Sí	Sí	No	1	✓	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
U_2	No	Sí	Sí	No	0	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
U_3	Sí*	Sí	Sí	Sí	3	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×
U_4	No	Sí	Sí	No	1	✓	✓	✓	✓	×	×	×	×	×	×	×	×
U_5	No	Sí	Sí	No	0	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
U_6	Sí	No	Sí	Sí	5	✓	×	✓	×	✓	✓	×	×	✓	×	×	×
U_7	No	No	Sí	No	0	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
U_8	No	Sí	Sí	No	0	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
U_9	Sí*	Sí	Sí	Sí	5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×
U_{10}	No	No	Sí	No	1	✓	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
U_{11}	No	Sí	Sí	No	0	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
U_{12}	Sí*	Sí	Sí	Sí	3	✓	×	✓	✓	✓	✓	×	×	✓	×	×	×
U_{13}	Sí*	No	Sí	No	3	✓	×	✓	✓	×	✓	×	×	✓	✓	×	×
U_{14}	Sí*	No	Sí	Sí	5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	×	✓	✓	×	×

Tabla A.6. Hábitos de uso de los usuarios con las tecnologías móviles e Internet. * Indica que el teléfono se ha reconocido como *smartphone*. Rangos numéricos: 0 (“Nada”) – 5 (“Mucho, a diario”).

USUARIO	USO DE LA TABLET									E-MAIL		REDES SOCIALES				INTERNET	
	<i>Uso</i>	<i>Jugar</i>	<i>Fotos</i>	<i>Música</i>	<i>Videos</i>	<i>e-mail</i>	<i>RRSS</i>	<i>Buscar</i>	<i>Trabajos</i>	<i>Tienes</i>	<i>Uso</i>	<i>Facebook</i>	<i>Tuenti</i>	<i>Twitter</i>	<i>Uso</i>	<i>Videos</i>	<i>Buscar</i>
U_1	3	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	Sí	5	✗	✗	✗	0	Sí	Sí
U_2	1	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✓	No	0	✗	✗	✗	0	Sí	Sí
U_3	3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Sí	1	✓	✓	✓	4	Sí	Sí
U_4	5	✓	✗	✓	✓	✗	✗	✓	✓	No	0	✗	✗	✗	0	Sí	Sí
U_5	3	✓	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	No	0	✗	✗	✗	0	Sí	No
U_6	0	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	Si	0	✓	✗	✗	0	Sí	Sí
U_7	0	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	No	0	✗	✗	✗	0	No	No
U_8	1	✓	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✓	No	0	✗	✗	✗	0	Sí	Sí
U_9	3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Sí	5	✓	✓	✓	4	Sí	Sí
U_{10}	0	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	No	0	✗	✗	✗	0	Sí	Sí
U_{11}	3	✓	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✓	No	0	✗	✗	✗	0	Sí	Sí
U_{12}	2	✓	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✓	No	0	✗	✗	✗	0	Sí	Sí
U_{13}	0	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	No	0	✗	✗	✗	0	Sí	Sí
U_{14}	0	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	No	0	✗	✗	✗	0	Sí	No

Tabla A.6. (*cont.*) Hábitos de uso de los usuarios con las tecnologías móviles e Internet. * Indica que el teléfono se ha reconocido como *smartphone*. Los valores numéricos se encuentran en el rango 0 – 5, siendo 0 “Nada” y 5 “Mucho, a diario”.

A.2. Cuestionarios

A.2.1. Uso de tecnología

Cuestionario de uso de las tecnologías

Este es un cuestionario para conocer tus hábitos de uso de dispositivos móviles (teléfonos o tabletas) Recuerda que no es un examen, pero nos gustaría que lo rellenases lo más sinceramente posible

1. ¿Cómo te llamas?

.....

2. ¿Cuántos años tienes?

.....

Dispositivos

3. ¿Tienes teléfono móvil?

Marca solo un óvalo.

☐ Sí

☐ Sí, y es táctil

☐ No

4. ¿Tienes una tablet?

Marca solo un óvalo.

☐ Si

☐ No

Conexión a Internet

5. ¿Tienes internet en casa?

Marca solo un óvalo.

☐ Si

☐ No

6. ¿Tienes internet en el móvil?

Marca solo un óvalo.

☐ Si

☐ No

Uso del teléfono

7. ¿Cuánto usas tu teléfono?

Valora de 0 (poco) a 5 (mucho) tu uso del teléfono
Marca solo un óvalo.

	0	1	2	3	4	5	
Poco	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Mucho

8. ¿Para qué usas el teléfono?

Selecciona todos los que correspondan.

- ☐ Llamar
- ☐ Enviar y recibir SMS
- ☐ Whatsapp
- ☐ Hacer fotos
- ☐ Escuchar música
- ☐ Ver videos
- ☐ Consultar el correo electrónico
- ☐ Facebook, twitter, tuenti...
- ☐ Buscar en Internet
- ☐ Jugar

9. ¿Utilizas alguna aplicación para consultar mapas?

Por ejemplo cuando quieres ir a algún sitio y no sabes cómo ir
Selecciona todos los que correspondan.

- ☐ Sí
- ☐ No

10. ¿Utilizas alguna aplicación para consultar el transporte público?

Por ejemplo cuando quieres ir a algún sitio y no sabes cómo ir o saber cuanto falta para que llegue el autobús

Selecciona todos los que correspondan.

- ☐ Sí
- ☐ No

Uso de la tablet

Solo si tienes (o un familiar tiene y tu la usas)

A.2. CUESTIONARIOS

11. ¿Cuánto usas tu tablet?

Valora de 0 (poco) a 5 (mucho) tu uso de la tablet

Marca solo un óvalo.

	0	1	2	3	4	5	
Poco	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Mucho

12. ¿Para qué usas la tablet?

Selecciona todos los que correspondan.

- ☐ Jugar
- ☐ Hacer fotos
- ☐ Escuchar música
- ☐ Ver videos
- ☐ Consultar el correo electrónico
- ☐ Facebook, twitter, tuenti...
- ☐ Buscar en Internet
- ☐ Hacer trabajos para clase

Uso de Internet

13. ¿Tienes correo electrónico?

Marca solo un óvalo.

- ☐ Si
- ☐ No

14. ¿Cuánto usas el correo electrónico?

Marca solo un óvalo.

	0	1	2	3	4	5	
Poco	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Mucho

15. ¿Tienes perfil en las redes sociales?

Selecciona la red o las redes sociales en las que tienes perfil

Selecciona todos los que correspondan.

- ☐ Facebook
- ☐ Tuenti
- ☐ Twitter

16. **¿Cuánto usas las redes sociales?**

Marca solo un óvalo.

	0	1	2	3	4	5	
Poco	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Mucho

17. **¿Sueles ver videos por Internet?**

Marca solo un óvalo.

☐ Si

☐ No


18. **¿Sueles buscar información en Internet?**

Por ejemplo, para hacer trabajos

Marca solo un óvalo.

☐ Si

☐ No

Con la tecnología de
 Google Forms

A.2.2. *Santa Barbara Sense Of Direction Scale*

SANTA BARBARA SENSE-OF-DIRECTION SCALE

Sex: F M Today's Date: _____

Age: _____ V. 2

This questionnaire consists of several statements about your spatial and navigational abilities, preferences, and experiences. After each statement, you should circle a number to indicate your level of agreement with the statement. Circle "1" if you strongly agree that the statement applies to you, "7" if you strongly disagree, or some number in between if your agreement is intermediate. Circle "4" if you neither agree nor disagree.

1. I am very good at giving directions.

strongly agree 1 2 3 4 5 6 7 strongly disagree

2. I have a poor memory for where I left things.

strongly agree 1 2 3 4 5 6 7 strongly disagree

3. I am very good at judging distances.

strongly agree 1 2 3 4 5 6 7 strongly disagree

4. My "sense of direction" is very good.

strongly agree 1 2 3 4 5 6 7 strongly disagree

5. I tend to think of my environment in terms of cardinal directions (N, S, E, W).

strongly agree 1 2 3 4 5 6 7 strongly disagree

6. I very easily get lost in a new city.

strongly agree 1 2 3 4 5 6 7 strongly disagree

7. I enjoy reading maps.

strongly agree 1 2 3 4 5 6 7 strongly disagree

8. I have trouble understanding directions.

strongly agree 1 2 3 4 5 6 7 strongly disagree

9. I am very good at reading maps.

strongly agree 1 2 3 4 5 6 7 strongly disagree

10. I don't remember routes very well while riding as a passenger in a car.

strongly agree 1 2 3 4 5 6 7 strongly disagree

11. I don't enjoy giving directions.

strongly agree 1 2 3 4 5 6 7 strongly disagree

12. It's not important to me to know where I am.

strongly agree 1 2 3 4 5 6 7 strongly disagree

13. I usually let someone else do the navigational planning for long trips.

strongly agree 1 2 3 4 5 6 7 strongly disagree

14. I can usually remember a new route after I have traveled it only once.

strongly agree 1 2 3 4 5 6 7 strongly disagree

15. I don't have a very good "mental map" of my environment.

strongly agree 1 2 3 4 5 6 7 strongly disagree

A.2.3. *USE Questionnaire*

USE QUESTIONNAIRE

The following questionnaire would collect your feelings about the system you tried.

Please mark only one value for each question. Consider 1 as “Strongly agree” and 7 as “Strongly Disagree”.

Thanks for your collaboration

Based on: Lund, A.M. (2001) *Measuring Usability with the USE Questionnaire*. STC Usability SIG Newsletter, 8:2.

USEFULNESS

1 It helps me be more effective

Strongly agree 1 2 3 4 5 6 7 Strongly disagree

2 It helps me be more productive

Strongly agree 1 2 3 4 5 6 7 Strongly disagree

3 It is useful

Strongly agree 1 2 3 4 5 6 7 Strongly disagree

4 It gives me more control over the activities in my life

Strongly agree 1 2 3 4 5 6 7 Strongly disagree

5 It makes the things I want to accomplish easier to get done

Strongly agree 1 2 3 4 5 6 7 Strongly disagree

6 It saves me time when I use it

Strongly agree 1 2 3 4 5 6 7 Strongly disagree

7 It meets my needs

Strongly agree 1 2 3 4 5 6 7 Strongly disagree

8 It does everything I would expect it to do

Strongly agree 1 2 3 4 5 6 7 Strongly disagree

EASE OF USE

9 It is easy to use

Strongly agree 1 2 3 4 5 6 7 Strongly disagree

10 It is simple to use

Strongly agree 1 2 3 4 5 6 7 Strongly disagree

11 It is user friendly

Strongly agree 1 2 3 4 5 6 7 Strongly disagree

12 It requires the fewest steps possible to accomplish what I want to do with it

Strongly agree 1 2 3 4 5 6 7 Strongly disagree

13 It is flexible

Strongly agree 1 2 3 4 5 6 7 Strongly disagree

14 Using it is effortless

Strongly agree 1 2 3 4 5 6 7 Strongly disagree

15 I can use it without written instructions

Strongly agree 1 2 3 4 5 6 7 Strongly disagree

16 I don't notice any inconsistencies as I use it

Strongly agree 1 2 3 4 5 6 7 Strongly disagree

17 Both occasional and regular users would like it

Strongly agree 1 2 3 4 5 6 7 Strongly disagree

18 I can recover from mistakes quickly and easily

Strongly agree 1 2 3 4 5 6 7 Strongly disagree

19 I can use it successfully every time

Strongly agree 1 2 3 4 5 6 7 Strongly disagree

EASE OF LEARNING

20 I learned to use it quickly

Strongly agree 1 2 3 4 5 6 7 Strongly disagree

21 I easily remember how to use it

Strongly agree 1 2 3 4 5 6 7 Strongly disagree

22 It is easy to learn to use it

Strongly agree 1 2 3 4 5 6 7 Strongly disagree

23 I quickly became skillful with it

Strongly agree 1 2 3 4 5 6 7 Strongly disagree

SATISFACTION

24 I am satisfied with it

Strongly agree 1 2 3 4 5 6 7 Strongly disagree

25 I would recommend it to a friend

Strongly agree 1 2 3 4 5 6 7 Strongly disagree

26 It is fun to use

Strongly agree 1 2 3 4 5 6 7 Strongly disagree

27 It works the way I want it to work

Strongly agree 1 2 3 4 5 6 7 Strongly disagree

28 It is wonderful

Strongly agree 1 2 3 4 5 6 7 Strongly disagree

29 I feel I need to have it

Strongly agree 1 2 3 4 5 6 7 Strongly disagree

30 It is pleasant to use

Strongly agree 1 2 3 4 5 6 7 Strongly disagree

A.2.4. AssisT – Out: Cuestionario post-sesión

Cuestionario uso AssisT-Out

1. ¿Crees que has llegado al punto misterioso?

Marca solo un óvalo.

- ☐ Sí
☐ No
☐ No se

2. ¿Has entendido la aplicación?

Marca solo un óvalo.

- ☐ Sí
☐ No
☐ Regular

3. ¿Cómo ha sido el manejo?

Marca solo un óvalo.

- ☐ Fácil
☐ Difícil
☐ Regular

4. ¿Cómo ha sido el camino?

Marca solo un óvalo.

- ☐ Fácil
☐ Normal
☐ Difícil

5. ¿Has entendido las fotos?

Marca solo un óvalo.

- ☐ Sí
☐ No
☐ Regular

6. ¿Te han ayudado las foto para saber a donde dirigirte?

Marca solo un óvalo.

- ☐ Sí
☐ No
☐ Regular

7. ¿Has entendido la barra de progreso?

Marca solo un óvalo.

- ☐ Sí
- ☐ No
- ☐ Regular

8. ¿Te ha sido útil la barra de progreso?

Marca solo un óvalo.

- ☐ Sí
- ☐ No
- ☐ Regular
- ☐ No la he mirado

9. ¿Te ha ayudado que el móvil te avise vibrando y sonando?

Marca solo un óvalo.

- ☐ Sí
- ☐ No
- ☐ Regular

10. ¿Cómo te ha parecido encontrar los puntos de decisión?

Marca solo un óvalo.

- ☐ Fácil
- ☐ Difícil
- ☐ Regular

11. ¿Te han parecido suficientes las instrucciones?

Marca solo un óvalo.

- ☐ Sí
- ☐ No, había pocas
- ☐ No, había muchas

12. ¿Te parece útil la aplicación?

Marca solo un óvalo.

- ☐ Sí
- ☐ No

13. ¿La usarías si la tuvieses en tu móvil?

Marca solo un óvalo.

- ☐ Sí
- ☐ No
- ☐ NS/NC

A.2. CUESTIONARIOS

14. **¿Se la recomendarías a algún amigo?**

Marca solo un óvalo.

☐ Sí

☐ No

15. **¿Qué es lo que más te ha gustado?**

.....

.....

.....

.....

.....

16. **¿Qué es lo que menos te ha gustado?**

.....

.....

.....

.....

.....

17. **Participante y cómo lo ha hecho**


.....

.....

.....

.....

.....

Con la tecnología de
 Google Forms

A.2.5. Google Maps: Cuestionario post-sesión

Cuestionario uso Google Maps

1. ¿Crees que has llegado al punto misterioso?

Marca solo un óvalo.

- ☐ Sí
☐ No
☐ No se

2. ¿Has entendido la aplicación?

Marca solo un óvalo.

- ☐ Sí
☐ No
☐ Regular

3. ¿Cómo ha sido el manejo?

Marca solo un óvalo.

- ☐ Fácil
☐ Difícil
☐ Regular

4. ¿Cómo ha sido el camino?

Marca solo un óvalo.

- ☐ Fácil
☐ Normal
☐ Difícil

5. ¿Has entendido el mapa?

Marca solo un óvalo.

- ☐ Sí
☐ No
☐ Regular

6. ¿Te ha ayudado el mapa para saber a donde dirigirte?

Marca solo un óvalo.

- ☐ Sí
☐ No
☐ Regular

7. ¿Has entendido la línea azul del camino?

Marca solo un óvalo.

- ☐ Sí
☐ No
☐ Regular

8. ¿Te ha sido útil la línea?

Marca solo un óvalo.

- ☐ Sí
☐ No
☐ Regular
☐ No la he mirado

9. ¿Te ha ayudado que el móvil te avise vibrando?

Marca solo un óvalo.

- ☐ Sí
☐ No
☐ Regular
☐ No me he dado cuenta

10. ¿Cómo te ha parecido encontrar los puntos de decisión?

Marca solo un óvalo.

- ☐ Fácil
☐ Difícil
☐ Regular

11. ¿Te han parecido suficientes la ayuda para hacer la ruta?

Marca solo un óvalo.

- ☐ Sí
☐ No, había poca ayuda
☐ No, había mucha ayuda

12. ¿Te parece útil la aplicación?

Marca solo un óvalo.

- ☐ Sí
☐ No

13. ¿La usarías si la tuvieses en tu móvil?

Marca solo un óvalo.

- ☐ Sí
☐ No
☐ NS/NC

A.2. CUESTIONARIOS

14. **¿Se la recomendarías a algún amigo?**

Marca solo un óvalo.

☐ Sí

☐ No

15. **¿Qué es lo que más te ha gustado?**

.....

.....

.....

.....

.....

16. **¿Qué es lo que menos te ha gustado?**

.....

.....

.....

.....

.....

17. **Participante y como lo ha hecho**


.....

.....

.....

.....

.....

Con la tecnología de
 Google Forms

A.2.6. AssisT –In : Cuestionario post–sesión

Evaluación AssisT-In

Datos del usuario

1. Nombre

.....

2. Edad

.....

Cuestionario SUS

3. Creo que yo usaría este sistema

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

En desacuerdo ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Totalmente de acuerdo

4. Encuentro el sistema innecesariamente complejo

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

En desacuerdo ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Totalmente de acuerdo

5. Creo que el sistema fue fácil de usar

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

En desacuerdo ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Totalmente de acuerdo

6. Creo que necesitaría el soporte de un técnico para usar el sistema

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

En desacuerdo ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Totalmente de acuerdo

7. Creo que las numerosas funciones del sistema están bien integradas

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
En desacuerdo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Totalmente de acuerdo

8. Creo que hay mucha inconsistencia en el sistema

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
En desacuerdo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Totalmente de acuerdo

9. Creo que la mayoría de la gente aprendería a usar el sistema rápidamente

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
En desacuerdo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Totalmente de acuerdo

10. Creo que es muy engorroso usar el sistema

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
En desacuerdo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Totalmente de acuerdo

11. Me he sentido muy seguro usando el sistema

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
En desacuerdo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Totalmente de acuerdo

12. Necesito aprender muchas cosas antes de empezar a utilizar el sistema

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
En desacuerdo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Totalmente de acuerdo

Preguntas experiencia

13. ¿Has llegado al destino?

Marca solo un óvalo.

☐ Si
☐ No

A.2. CUESTIONARIOS

14. ¿Qué es lo que más te ha gustado?

(Las pistas, usar el movil, el perro,...)

.....

.....

.....

.....

.....

15. ¿Y lo que menos?

(Las pistas, usar el movil, el perro,...)

.....

.....

.....

.....

.....

16. ¿Te ha parecido correcto el número de pistas?

Marca solo un óvalo.

- ☐ Sí, eran suficientes
- ☐ No, eran demasiadas
- ☐ No, eran pocas

17. ¿Qué te ha parecido lo más fácil?

.....

.....

.....

.....

.....

18. ¿Y lo más difícil?

.....

.....

.....

.....

.....

A.3. Soportes en papel

A.3.1. Manual para hacer fotocopias

MANUAL PARA HACER FOTOCOPIAS

FOTOCOPIAS SIMPLES

1. ENCENDER LA FOTOCOPIADORA
2. PONER EL ORIGINAL EN LA BANDEJA DE ARRIBA Y BOCA ARRIBA
3. PONER EL NÚMERO DE COPIAS
4. PULSAR LA TECLA VERDE
5. RECOGER LAS COPIAS Y LOS ORIGINALES
6. PULSAR REINICIAR PARA DEJAR LA MÁQUINA COMO ESTABA

SI EL ORIGINAL ES MÁS PEQUEÑO QUE UN FOLIO, O TENGA ALGO PEGADO, SE PONE EN LA BANDEJA INFERIOR

FOTOCOPIAS DOBLE CARA CUANDO EL ORIGINAL ES SIMPLE

1. ENCENDER LA FOTOCOPIADORA
2. PONER EL ORIGINAL EN LA BANDEJA DE ARRIBA Y BOCA ARRIBA
3. SELECCIONAR "DÚPLEX" EN LA PANTALLA
4. SELECCIONAR "UNA CARA >> DOS CARAS"
5. PONER EL NÚMERO DE COPIAS
6. PULSAR LA TECLA VERDE
7. RECOGER LAS COPIAS Y LOS ORIGINALES
8. PULSAR REINICIAR PARA DEJAR LA MÁQUINA COMO ESTABA

FOTOCOPIAS DOBLE CARA CUANDO EL ORIGINAL ES DOBLE CARA

1. ENCENDER LA FOTOCOPIADORA
2. PONER EL ORIGINAL EN LA BANDEJA DE ARRIBA Y BOCA ARRIBA
3. SELECCIONAR "DÚPLEX" EN LA PANTALLA
4. SELECCIONAR "DOS CARAS >> DOS CARAS"
5. PONER EL NÚMERO DE COPIAS
6. PULSAR LA TECLA VERDE
7. RECOGER LAS COPIAS Y LOS ORIGINALES
8. PULSAR REINICIAR PARA DEJAR LA MÁQUINA COMO ESTABA

AMPLIACIONES (SIEMPRE EL TANTO POR CIENTO MAS GRANDE DE 101%)

1. ENCENDER LA FOTOCOPIADORA
2. PONER EL ORIGINAL EN LA BANDEJA DE ABAJO Y HORIZONTAL
3. SELECCIONAR "ZOOM" EN LA PANTALLA
4. ELEGIR EL TANTO POR CIENTO DE AMPLIACIÓN QUE QUEREMOS. PODEMOS ELECIR DANDO A "MÁS" O DE LAS OPCIONES QUE NOS DA LA MÁQUINA
5. PONER EL NÚMERO DE COPIAS

6. PULSAR LA TECLA VERDE
7. RECOGER LAS COPIAS Y LOS ORIGINALES
8. PULSAR REINICIAR PARA DEJAR LA MÁQUINA COMO ESTABA

REDUCCIONES (SIEMPRE EL TANTO POR CIENTO MAS PEQUEÑO DE 99%)

1. ENCENDER LA FOTOCOPIADORA
2. PONER EL ORIGINAL EN LA BANDEJA DE ABAJO Y HORIZONTAL
3. SELECCIONAR "ZOOM" EN LA PANTALLA
4. ELEGIR EL TANTO POR CIENTO DE REDUCCIÓN QUE QUEREMOS
5. PULSAR "DENSIDAD"
6. SELECCIONAR EL VALOR ADECUADO
7. PONER EL NÚMERO DE COPIAS
8. PULSAR LA TECLA VERDE
9. RECOGER LAS COPIAS Y LOS ORIGINALES
10. PULSAR REINICIAR PARA DEJAR LA MÁQUINA COMO ESTABA

FOTOCOPIAS DE UN LIBRO

1. ENCENDER LA FOTOCOPIADORA
2. BUSCAR LA PÁGINA QUE TENEMOS QUE FOTOCOPIAR
3. PONER EL ORIGINAL EN LA BANDEJA DE DEBAJO DE LA FOTOCOPIADORA
4. HACER UNA COPIA
5. PONER LA COPIA EN LA BANDEJA DE ARRIBA DE LA FOTOCOPIADORA
6. PONER EL NÚMERO DE COPIAS QUE NOS PIDEN
7. PULSAR LA TECLA VERDE
8. RECOGER LAS COPIAS Y LOS ORIGINALES
9. PULSAR REINICIAR PARA DEJAR LA MÁQUINA COMO ESTABA

FOTOCOPIAS DE CARTULINAS

1. ENCENDER LA FOTOCOPIADORA
2. PONER EL ORIGINAL EN LA BANDEJA DE ABAJO DE LA FOTOCOPIADORA
3. PONER LAS CARTULINAS EN LA BANDEJA DE BY-PASS
4. PONER EL NÚMERO DE COPIAS
5. PULSAR LA TECLA VERDE
6. RECOGER LAS COPIAS Y LOS ORIGINALES
7. PULSAR REINICIAR PARA DEJAR LA MÁQUINA COMO ESTABA

A.3.2. Manual para archivar

SOPORTE ARCHIVO CONTRATOS PWC

1º Cogemos el contrato de la bandeja.

2º Miramos en el contrato de que **ejercicio** es.

Ejemplo: **Ejercicio 2012-2013**

3º Ahora localizamos el **código WOP** y vemos que letra tiene.

Ejemplo: 215483 C 003 .

Este contrato es de **CONSULTING**.

CONSULTING: C,Z,K

TRANSACCIONES: B,E,U,F,D,V

S&C: L,W

4º Cuando ya sabemos a qué color va, tenemos que mirar el **nombre de la empresa**. Y ver cuál es la **primera letra**.

Ejemplo: **I**BERIA. La primera letra es la **I**, así que buscamos la carpeta de esa letra.

5º Ahora que tenemos la carpeta con la letra de la empresa, buscamos el **separador de la primera y segunda letra**.

Ejemplo: **IB**ERIA. Las dos primeras letras son **IB**, así que buscamos ese separador.

6º **Archivamos el contrato**, al final del separador. Y volvemos a colocar la carpeta en su sitio.

A.4. Objetos JSON de las rutas

A.4.1. Ruta 1

```
1  {
2    "routes" : [
3      {
4        "bounds" : {
5          "northeast" : {
6            "lat" : 40.500613,
7            "lng" : -3.6902809
8          },
9          "southwest" : {
10           "lat" : 40.4999903,
11           "lng" : -3.6923257
12         }
13       },
14       "copyrights" : "Datos de mapas ©2015 Google, basado
15         en BCN IGN España",
16       "legs" : [
17         {
18           "distance" : {
19             "text" : "0,3 km",
20             "value" : 252
21           },
22           "duration" : {
23             "text" : "3 min",
24             "value" : 178
25           },
26           "end_address" : "Calle Aldonza Lorenzo, 7,
27             28034 Madrid, Madrid, España",
28           "end_location" : {
29             "lat" : 40.500327,
30             "lng" : -3.6902809
31           },
32           "start_address" : "Calle Cueva de Montesinos,
33             114, 28034 Madrid, Madrid, España",
34           "start_location" : {
35             "lat" : 40.4999903,
36             "lng" : -3.6921995
37           },
38           "steps" : [
39             {
40               "distance" : {
41                 "text" : "58 m",
42                 "value" : 58
43               },
44               "duration" : {
45                 "text" : "1 min",
46                 "value" : 37
47               }
48             }
49           ]
50         }
51       ]
52     }
53   ]
54 }
```

```

44     },
45     "end_location" : {
46         "lat" : 40.5004991,
47         "lng" : -3.6923257
48     },
49     "html_instructions" : "Dirígete al \
        u003cb\u003enorte\u003c/b\u003e por
        \u003cb\u003eCalle Cueva de
        Montesinos\u003c/b\u003e hacia \
        u003cb\u003eAv del Campo de
        Calatrava\u003c/b\u003e",
50     "polyline" : {
51         "points" : "}cevFfcpUq@Ps@F"
52     },
53     "start_location" : {
54         "lat" : 40.4999903,
55         "lng" : -3.6921995
56     },
57     "travel_mode" : "WALKING"
58 },
59 {
60     "distance" : {
61         "text" : "0,1 km",
62         "value" : 149
63     },
64     "duration" : {
65         "text" : "2 min",
66         "value" : 107
67     },
68     "end_location" : {
69         "lat" : 40.500613,
70         "lng" : -3.6905650999999999
71     },
72     "html_instructions" : "Gira a la \
        u003cb\u003ederecha\u003c/b\u003e
        hacia \u003cb\u003eAv del Campo de
        Calatrava\u003c/b\u003e",
73     "maneuver" : "turn-right",
74     "polyline" : {
75         "points" : "cgevF'dpUG{BIkC?SCcA"
76     },
77     "start_location" : {
78         "lat" : 40.5004991,
79         "lng" : -3.6923257
80     },
81     "travel_mode" : "WALKING"
82 },
83 {
84     "distance" : {
85         "text" : "45 m",
86         "value" : 45
87     },
88     "duration" : {

```

```

89         "text" : "1 min",
90         "value" : 34
91     },
92     "end_location" : {
93         "lat" : 40.500327,
94         "lng" : -3.6902809
95     },
96     "html_instructions" : "Gira a la \
    u003cb\u003ederecha\u003c/b\u003e\
    hacia \u003cb\u003eCalle Aldonza\
    Lorenzo\u003c/b\u003e\u003cdiv style\
    =\u003cfont-size:0.9em\u003c\u003eEl destino\
    está a la derecha.\u003c/div\u003e\
    ",
97     "maneuver" : "turn-right",
98     "polyline" : {
99         "points" : "ygevF'yoUF?F?\
    FAFEDEDEDIBI@I?G"
100     },
101     "start_location" : {
102         "lat" : 40.500613,
103         "lng" : -3.6905650999999999
104     },
105     "travel_mode" : "WALKING"
106     }
107 ],
108 "via_waypoint" : []
109 }
110 ],
111 "overview_polyline" : {
112     "points" : "}cevFfcPUq@Ps@FQgGCwAN?NGJKHS@Q"
113 },
114 "summary" : "Av del Campo de Calatrava",
115 "warnings" : [
116     "Las rutas a pie están en versión beta. Ten\
    cuidado. ? En esta ruta puede que no haya\
    aceras o pasos para peatones."
117 ],
118 "waypoint_order" : []
119 }
120 ],
121 "status" : "OK"
122 }

```

A.4.2. Ruta 2

```

1  {
2      "routes" : [
3          {
4              "bounds" : {
5                  "northeast" : {

```

```

6         "lat" : 40.501345,
7         "lng" : -3.6905650999999999
8     },
9     "southwest" : {
10        "lat" : 40.4999903,
11        "lng" : -3.6923257
12    }
13 },
14 "copyrights" : "Datos de mapas ©2015 Google, basado
    en BCN IGN España",
15 "legs" : [
16     {
17         "distance" : {
18             "text" : "0,3 km",
19             "value" : 289
20         },
21         "duration" : {
22             "text" : "3 min",
23             "value" : 203
24         },
25         "end_address" : "Plaza Tres Olivos, 1-9,
            28034 Madrid, Madrid, España",
26         "end_location" : {
27             "lat" : 40.501345,
28             "lng" : -3.6906258
29         },
30         "start_address" : "Calle Cueva de Montesinos,
            114, 28034 Madrid, Madrid, España",
31         "start_location" : {
32             "lat" : 40.4999903,
33             "lng" : -3.6921995
34         },
35         "steps" : [
36             {
37                 "distance" : {
38                     "text" : "58 m",
39                     "value" : 58
40                 },
41                 "duration" : {
42                     "text" : "1 min",
43                     "value" : 37
44                 },
45                 "end_location" : {
46                     "lat" : 40.5004991,
47                     "lng" : -3.6923257
48                 },
49                 "html_instructions" : "Dirígete al \
                    u003cb\u003enorte\u003c/b\u003e por
                    \u003cb\u003eCalle Cueva de
                    Montesinos\u003c/b\u003e hacia \
                    u003cb\u003eAv del Campo de
                    Calatrava\u003c/b\u003e",
50                 "polyline" : {

```



```

51         "points" : "}cevFfcPUq@Ps@F"
52     },
53     "start_location" : {
54         "lat" : 40.4999903,
55         "lng" : -3.6921995
56     },
57     "travel_mode" : "WALKING"
58 },
59 {
60     "distance" : {
61         "text" : "0,1 km",
62         "value" : 149
63     },
64     "duration" : {
65         "text" : "2 min",
66         "value" : 107
67     },
68     "end_location" : {
69         "lat" : 40.500613,
70         "lng" : -3.6905650999999999
71     },
72     "html_instructions" : "Gira a la \
u003cb\u003ederecha\u003c/b\u003e
hacia \u003cb\u003eAv del Campo de
Calatrava\u003c/b\u003e",
73     "maneuver" : "turn-right",
74     "polyline" : {
75         "points" : "cgevF'dpUG{BIkC?SCcA"
76     },
77     "start_location" : {
78         "lat" : 40.5004991,
79         "lng" : -3.6923257
80     },
81     "travel_mode" : "WALKING"
82 },
83 {
84     "distance" : {
85         "text" : "82 m",
86         "value" : 82
87     },
88     "duration" : {
89         "text" : "1 min",
90         "value" : 59
91     },
92     "end_location" : {
93         "lat" : 40.501345,
94         "lng" : -3.6906258
95     },
96     "html_instructions" : "Gira a la \
u003cb\u003eizquierda\u003c/b\u003e
hacia \u003cb\u003ePlaza Tres Olivos
\u003c/b\u003e",
97     "maneuver" : "turn-left",

```

```

98         "polyline" : {
99             "points" : "ygevF'yoUqCJ"
100         },
101         "start_location" : {
102             "lat" : 40.500613,
103             "lng" : -3.6905650999999999
104         },
105         "travel_mode" : "WALKING"
106     }
107 ],
108     "via_waypoint" : []
109 }
110 ],
111 "overview_polyline" : {
112     "points" : "}cevFfcPUq@Ps@FQgGCwAqCJ"
113 },
114 "summary" : "Av del Campo de Calatrava y Plaza Tres
115             Olivos",
116 "warnings" : [
117     "Las rutas a pie están en versión beta. Ten
118     cuidado. ? En esta ruta puede que no haya
119     aceras o pasos para peatones."
120 ],
121 "waypoint_order" : []
122 }

```



B Relación de publicaciones

En este apéndice se presentan la lista de contribuciones publicadas durante el desarrollo de esta tesis. Por un lado, se enumeran los trabajos relacionadas directamente con las temáticas de la tesis. Por otro lado, se enumeran las publicaciones de trabajos realizados en otras áreas afines.

Asistencia a personas con necesidades especiales

- X. Alamán, F. J. Ballesteros, Z. Callejas, J. Gómez, E. Martín, S. de Miguel, and A. Ortigosa, “Adapting social and intelligent environments to support people with special needs,” in *Proceedings of the 4th international conference on Ambient Assisted Living and Home Care*, pp. 304–311, Springer-Verlag, 2012
- J. Gómez, , G. Montoro, and J. C. Torrado, “Accessible design of tablet applications for people with cognitive disabilities,” *Human–Computer Interaction*, 2015. En revision

Guiado en la realización de tareas

- J. Gómez, G. Montoro, P. A. Haya, X. Alamán, S. Alves, M. Martínez, E. Pascual, O. Robles, and C. González, “aqrcode: assessing how ubiquitous computing can help people with acquired brain injury in their rehabilitation process,” in *5th Symposium of Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence (UCAmI)*, 2011

- S. Alves, M. Martínez, E. Pascual, P. A. Haya, G. Montoro, J. Gómez, and C. González, “Programa aqrdate aplicado en rehabilitación en actividades de la vida diaria en pacientes con dca,” in *International Technology Robotics Applications (INTERA)*, 2011
- S. Alves, M. Martínez, E. Pascual, J. Gómez, G. Montoro, P. A. Haya, and C. González, “aqrdate program applied to daily life activities for patients with brain damage,” in *AEGIS 2nd International Conference “Accessibility Reaching Everywhere”*, 2011
- J. Gómez, X. Alamán, G. Montoro, J. C. Torrado, and A. Plaza, “Amicog – tecnologías móviles para la asistencia global a personas con discapacidad cognitiva en el entorno laboral,” in *International Symposium on Artificial Intelligence and Assistive Technology*, pp. 31–40, Rebate, C.; Fernández, A.; Bajo, J.; Corchado, J.M, 2013
- J. Gómez, G. Montoro, P. A. Haya, X. Alamán, S. Alves, and M. Martínez, “Adaptive manuals as assistive technology to support and train people with acquired brain injury in their daily life activities,” *Personal and ubiquitous computing*, vol. 17, no. 6, pp. 1117–1126, 2013
- J. Gómez, X. Alamán, G. Montoro, J. C. Torrado, and A. Plaza, “Amicog – mobile technologies to assist people with cognitive disabilities in the work place,” *Advances in Distributed Computing and Artificial Intelligence Journal*, vol. 2, no. 7, pp. 9–17, 2014

Desplazamientos en entornos exteriores

- J. Gómez and T. Ojala, “A mobile navigation system based on visual cues for pedestrians with cognitive disabilities,” in *In: Theng LB (ed.) Assistive Technologies for Physical and Cognitive Disabilities*, IGI Global, 2014
- J. Gomez and G. Montoro, “Design considerations and evaluation methodology for adapted navigational assistants for people with cognitive disabilities,” in *8th International Conference on Health Informatics (HEALTHINF)*, pp. 344–352, Christine Verdier, Marta Bienkiewicz, Ana Fred, Hugo Gamboa and Dirk Elias, 2015

Desplazamientos en entornos interiores

- J. Gómez, X. Alamán, G. Montoro, J. C. Torrado, and A. Plaza, “Amicog – tecnologías móviles para la asistencia global a personas con discapacidad cognitiva en el entorno laboral,” in *International Symposium on Artificial Intelligence and Assistive Technology*, pp. 31–40, Rebate, C.; Fernández, A.; Bajo, J.; Corchado, J.M, 2013
- J. Gómez, X. Alamán, G. Montoro, J. C. Torrado, and A. Plaza, “Amicog – mobile technologies to assist people with cognitive disabilities in the work place,” *Advances in Distributed Computing and Artificial Intelligence Journal*, vol. 2, no. 7, pp. 9–17, 2014

Otras áreas de conocimiento

- J. Gómez, G. Montoro, P. A. Haya, M. García-Herranz, and X. Alamán, “Distributed schema-based middleware for ambient intelligence environments,” in *Ubiquitous Developments in Ambient Computing and Intelligence: Human-Centered Applications* (K. Curran, ed.), ch. 20, pp. 205–218, Igi – Global, 2011
- X. Alamán, R. M. Carro, I. D. Claros, R. Cobos, L. Echeverría, M. García Herranz, J. Gómez, E. Guerra, P. A. Haya, J. De Lara, *et al.*, “Ghia (grupo de herramientas interactivas avanzadas), uam.,” *Informática Educativa Comunicaciones*, no. 15, pp. 57 – 66, 2012
- X. Alamán, R. M. Carro, I. Claros, R. Cobos, L. Echeverría, J. Gomez, P. Haya, F. Jurado, G. Montoro, J. Moreno-Llorena, *et al.*, “Exploring on e-learning enhancement by mean of advanced interactive tools: The ghia (group of advanced interactive tools) proposals,” in *Frontiers in Education Conference*, pp. 399–402, 2014